

REQUISITOS BÁSICOS DE RADIOPROTEÇÃO E SEGURANÇA RADIOLÓGICA DE FONTES DE RADIAÇÃO

Resolução CNEN 27/04
Publicação: DOU 06.01.2005

Resolução CNEN 48/05
Publicação: DOU 14.11.2005

Portaria CNEN 07/05
Publicação: DOU 18.01.2006

Resolução CNEN 114/11
Publicação: DOU 01.09.2011

Resolução CNEN 164/14
Publicação: DOU 11.03.2014

Resolução CNEN 323/24
Publicação: DOU 18.04.2024

Resolução CNEN 344/25
Publicação: DOU 07.07.2025

NORMA CNEN NN 3.01

REQUISITOS BÁSICOS DE RADIOPROTEÇÃO E SEGURANÇA RADIOLÓGICA DE FONTES DE RADIAÇÃO

Dispõe sobre os princípios gerais e requisitos básicos para a radioproteção das pessoas e do meio ambiente e para a segurança radiológica das fontes de radiação ionizante.

Art. 1º Esta Norma foi aprovada pela Comissão Deliberativa da Comissão Nacional de Energia Nuclear conforme expresso na Resolução CNEN/CD nº 344, de 2 de julho de 2025.

CAPÍTULO I DISPOSIÇÕES GERAIS

Seção I Objetivo e campo de aplicação

Art. 2º Esta Norma se aplica às situações de exposição planejada, de exposição de emergência e de exposição existente.

Parágrafo único. Os tipos de exposição considerados no escopo desta norma são exposições ocupacionais, exposições do público e exposições médicas.

Art. 3º Esta Norma estabelece os requisitos básicos para a radioproteção das pessoas e do meio ambiente, devido à exposição à radiação ionizante decorrente de instalações e atividades, incluindo a segurança radiológica de fontes de radiação ionizante.

§ 1º Os requisitos desta Norma, além de protegerem as pessoas, protegem também a biota não-humana. Contudo, para situações de exposição planejada, cabe à CNEN a solicitação específica da demonstração do impacto radiológico na biota não-humana, dependendo das características da instalação e das condições ambientais consideradas.

§ 2º Esta Norma não inclui requisitos de segurança física de fontes de radiação.

Art. 4º Estão excluídas do escopo desta Norma exposições devido à presença de ^{40}K no corpo humano, à radiação cósmica na superfície da terra, aos solos e rochas com radionuclídeos naturais não modificados ou às concentrações de radionuclídeos naturais existentes em materiais e matérias primas inferiores a 1 Bq/g para os radionuclídeos das séries do urânio e do tório e inferiores a 10 Bq/g para o ^{40}K .

Art. 5º As instalações e atividades que utilizam raios X para fins de diagnóstico médico, odontológico e veterinário não estão sob controle regulatório da CNEN.

Seção II Das Definições e Siglas

Art. 6º Para os fins desta Norma, são adotadas as seguintes definições e siglas:

I - Abordagem gradual ou gradativa - processo ou método em que as ações de controle e as condições a serem aplicadas são proporcionais aos riscos associados, ou seja, à probabilidade de ocorrência e às possíveis consequências da perda de controle;

II - Abrigagem - ação protetora urgente e de curto prazo que emprega estruturas ou edificações para evitar ou minimizar a exposição à radiação devido a material radioativo em pluma suspensa no ar e/ou depositado em superfícies, em decorrência de uma emergência nuclear ou radiológica;

III - Ação mitigadora - Ação imediata por parte da organização operadora ou outra parte: para reduzir o potencial de desenvolvimento de condições que resultariam na exposição ou liberação de material radioativo que requeira ações de resposta na ocorrência de uma emergência no local ou fora dele; ou para mitigar as condições da fonte que podem resultar em exposição ou liberação de material radioativo,

exigindo ações de resposta na ocorrência de uma emergência no local ou fora dele;

IV - Ação protetora - ação tomada com o objetivo de evitar ou reduzir doses que poderiam ser recebidas em situações de exposição de emergência ou situação de exposição existente;

V - Ação remediadora - ação tomada em situação de exposições existentes com o objetivo de reduzir a dose efetiva residual;

VI - Acidente - qualquer evento não intencional, incluindo erros de operação e falhas de equipamento, cujas consequências reais ou potenciais envolvam desafios às barreiras de segurança e às funções de segurança de uma instalação ou fonte, sob o ponto de vista de radioproteção e segurança radiológica ou segurança nuclear;

VII - Acompanhante - pessoas que livre e voluntariamente prestam assistência para o cuidado, apoio e bem-estar de pacientes, humanos ou animais, submetidos a procedimentos médicos ou veterinários;

VIII - Área controlada - área sujeita a regras especiais de proteção e segurança, com a finalidade de controlar as exposições normais, prevenir a disseminação de contaminação radioativa e prevenir ou limitar a amplitude das exposições potenciais;

IX - Área livre - qualquer área que não seja classificada como área controlada ou área supervisionada;

X - Área supervisionada - área para a qual as condições de exposição ocupacional são mantidas sob supervisão, mesmo que medidas de radioproteção e segurança radiológica específicas não sejam normalmente necessárias;

XI - Atividade - quociente dN/dt , de uma quantidade de núcleos radioativos num estado de energia particular, onde dN é o valor esperado do número de transições nucleares espontâneas deste estado de energia no intervalo de tempo. A unidade adotada no sistema internacional é o recíproco do segundo (s^{-1}), denominada becquerel (Bq);

XII - Autorização – ato administrativo concedido pela CNEN para uma pessoa física ou jurídica referente a uma instalação ou atividade;

XIII - Contaminação - presença indesejável de substância radioativa em sólidos, líquidos ou gases, assim como em superfícies (incluindo o corpo humano); o termo “contaminação” refere-se apenas à presença de material radioativo, porém não indica o risco envolvido;

XIV - Controle regulatório - qualquer forma de controle ou regulação que a CNEN aplica às instalações ou atividades por motivos relacionados à segurança nuclear, segurança física, salvaguardas, radioproteção e à segurança radiológica de fontes;

XV - Controle institucional - controle mantido, por autoridade ou instituição designada, em depósito final, área descomissionada ou fechada, com uso restrito, com o objetivo de controlar o impacto no meio ambiente e a dose para a população;

XVI - Cultura de segurança - conjunto de características, atitudes e valores das organizações e pessoas que estabelece, como prioridade absoluta, que as questões relativas à radioproteção e segurança radiológica em geral recebam a atenção que merecem por sua importância;

XVII - Defesa em profundidade - implantação de várias camadas de defesa independentes, incluindo aspectos administrativos e técnicos, com o objetivo de evitar e mitigar incidentes, e para manter a eficácia das barreiras físicas colocadas entre uma fonte de radiação ou material radioativo e trabalhadores, membros do público ou do meio ambiente;

XVIII - Deposição de rejeitos radioativos - colocação de rejeitos radioativos em instalação licenciada pelas autoridades competentes, sem a intenção de removê-los;

XIX - Descomissionamento - ações técnicas e administrativas tomadas para permitir retirada parcial ou total do controle regulatório de uma instalação ou atividade, seja pelo fim de sua vida útil, ou no caso de retirada precoce de operação por acidente ou por decisão da organização operadora;

XX - Descontaminação - remoção completa ou parcial de material radioativo por um processo físico, químico ou biológico;

XXI - Dispensa - retirada do controle regulatório de fontes ou materiais radioativos associados a uma instalação ou atividade;

XXII - Dose - termo genérico para se referir aos termos, dependendo do contexto, dose absorvida, dose efetiva, dose equivalente ou dose comprometida;

XXIII - Dose absorvida - D - grandeza dosimétrica fundamental expressa por $D = d\bar{\epsilon}/dm$, onde $d\bar{\epsilon}$ é a energia média depositada pela radiação em um volume elementar de matéria de massa dm . A unidade no sistema internacional é o joule por quilograma ($J.kg^{-1}$), que recebe a denominação especial gray (Gy);

XXIV - Dose coletiva - expressão da dose efetiva total recebida por uma população ou um grupo de pessoas, definida como o produto do número de indivíduos expostos a uma fonte de radiação ionizante, pelo valor médio da distribuição de dose efetiva desses indivíduos; a dose coletiva é expressa em pessoa-sievert (pessoa.Sv);

XXV - Dose efetiva - E - grandeza definida pela expressão $E = \sum_T H_T \cdot w_T$, onde H_T é a dose equivalente no tecido ou órgão T e w_T é o fator de peso do respectivo órgão ou tecido. A unidade no sistema internacional é o joule por quilograma ($J.kg^{-1}$), que recebe a denominação especial sievert (Sv);

XXVI - Dose efetiva comprometida - $E(\tau)$ - grandeza expressa pelo somatório dos produtos entre as doses equivalentes comprometidas nos órgãos ou tecidos $H_T(\tau)$ e o respectivo fator de peso do órgão ou tecido w_T , onde (τ) é o tempo de integração em anos após a incorporação. O período de tempo considerado é de 50 anos para adultos e de 70 anos para crianças. A unidade no sistema internacional é o joule por quilograma ($J.kg^{-1}$), que recebe a denominação especial sievert (Sv);

XXVII - Dose equivalente - H_T - dose em um tecido ou órgão T definida pela expressão $H_T = \sum_R D_{T,R} \cdot w_R$, onde $D_{T,R}$ é a dose absorvida média no volume de um órgão ou tecido T específico, devido à radiação R incidente no corpo ou emitida por radionuclídeos incorporados e w_R é o fator de peso para a radiação R . A unidade no sistema internacional é o joule por quilograma ($J.kg^{-1}$), que recebe a denominação especial sievert (Sv);

XXVIII - Dose equivalente comprometida - $H_T(\tau)$ - taxa de dose equivalente integrada no tempo τ , em anos, em um tecido ou órgão específico, que seria recebida por um indivíduo correspondente à incorporação de material radioativo no corpo da pessoa de referência;

XXIX - Dose residual - dose que se espera incorrer após o término das ações protetoras ou remediadoras ou após a decisão de não as adotar. A dose residual aplica-se a uma situação de exposição de emergência ou a uma situação de exposição existente. Para o caso de situação existente representa um valor de dose a ser alcançado;

XXX - Efeitos determinísticos - danos em uma população de células para os quais existe um limiar de dose necessário para sua ocorrência e, acima deste limiar, sua gravidade aumenta com o aumento da dose de radiação; também denominado como reação tecidual;

XXXI - Efeitos estocásticos - efeitos associados predominantemente ao risco de indução de câncer e de ocorrência de efeitos hereditários em populações expostas, cuja probabilidade de ocorrência é função da dose, sem limiar, sendo a gravidade independente da dose;

XXXII - Efetividade Biológica Relativa (EBR) – razão entre uma dose de uma radiação de referência de baixa transferência linear de energia (LET) para uma dose de radiação considerada que produz um efeito biológico idêntico. Os valores de EBR variam com a dose, a taxa de dose e o efeito biológico considerado;

XXXIII - Emergência - situação ou evento não rotineiro que exige ação imediata, principalmente para mitigar um perigo ou consequências adversas para a segurança e para a saúde humana, qualidade de vida, propriedade ou meio ambiente, incluindo as situações para as quais uma ação imediata é escolhida de modo a mitigar um perigo percebido;

XXXIV - Empregador - segundo a definição do art. 2º da CLT considera-se empregador a empresa, individual ou coletiva, que, assumindo os riscos da atividade econômica, admite, assalaria e dirige a prestação pessoal de serviço. Equiparam-se ao empregador, para os efeitos exclusivos da relação de emprego, os profissionais liberais, as instituições de beneficência, as associações recreativas ou outras instituições sem fins lucrativos, que admitirem trabalhadores como empregados;

XXXV - Equivalente de dose individual $H_p(d)$ - grandeza operacional para monitoração individual externa, sendo o produto da dose absorvida em um ponto, na profundidade d do corpo humano, pelo fator de qualidade da radiação nesse ponto; esta grandeza utiliza os fatores de qualidade da radiação Q como fator de peso, em lugar dos fatores de peso da radiação w_R ; a unidade é joule por quilograma ($J.kg^{-1}$) e seu nome especial é sievert (Sv);

XXXVI - Equivalente de dose ambiente $H^*(d)$ ou Equivalente de dose direcional - grandeza operacional para monitoração de área em ambientes de trabalho, sendo o produto da dose absorvida em um ponto pelo fator de qualidade da radiação, correspondente ao que seria produzido em uma esfera de matéria de tecido equivalente de 30 cm de diâmetro, na profundidade d . Esta grandeza utiliza os fatores de qualidade da radiação Q como fator de peso, em lugar dos fatores de peso da radiação w_R ; a unidade é joule por quilograma ($J.kg^{-1}$) e seu nome especial é sievert (Sv);

XXXVII - Evacuação - remoção rápida e temporária de pessoas de uma área para evitar ou reduzir a exposição à radiação de curto prazo em uma emergência nuclear ou radiológica;

XXXVIII - Exposição - ato ou condição de estar submetido à radiação ionizante;

XXXIX - Exposição acidental - exposição involuntária decorrente de situações de acidente, terrorismo ou sabotagem, com impacto para o público e meio ambiente;

XL - Exposição médica acidental – exposição decorrente de acidentes e incidentes provenientes de exposições médicas não planejadas, geradas por falhas de projeto, de software, operacionais ou erros humanos;

XLI - Exposição do público - exposição incorrida por membros do público a partir de fontes de radiação, excluindo qualquer exposição ocupacional ou médica e a radiação de fundo natural normal do local;

XLII - Exposição externa - exposição devido a fontes de radiação externas ao indivíduo;

XLIII - Exposição interna - exposição à radiação devido à presença de fontes de radiação internas ao indivíduo;

XLIV - Exposição médica - exposição a que são submetidos: a) pacientes, para fins de diagnóstico ou terapia; b) indivíduos expostos, fora do contexto ocupacional, que voluntária e eventualmente assistem pacientes durante o procedimento radiológico de terapia ou diagnóstico e c) indivíduos voluntários em programas de pesquisa biomédica;

XLV - Exposição normal - exposição esperada em decorrência de uma instalação ou atividade autorizada, em condições normais de operação de uma fonte ou de uma instalação, incluindo os casos de pequenos imprevistos que possam ser mantidos sob controle;

XLVI - Exposição ocupacional - exposição normal ou potencial de um indivíduo à radiação em decorrência de seu trabalho ou treinamento em instalações e atividades;

XLVII - Exposição potencial - exposição cuja ocorrência não pode ser prevista com certeza, mas que pode resultar de um acidente envolvendo diretamente uma fonte de radiação ou em consequência de um evento ou de uma série de eventos de natureza probabilística;

XLVIII - Fator de peso de órgão ou tecido (w_T) - fator multiplicador da dose equivalente em um órgão ou tecido, usado para fins de radioproteção, de forma a considerar a diferença de sensibilidade dos diferentes órgãos ou tecidos na indução de efeitos estocásticos da radiação (ver Anexo A);

XLIX - Fator de peso da radiação (w_R) - número pelo qual a dose absorvida no órgão ou tecido é multiplicada, de forma a refletir a efetividade biológica relativa da radiação na indução de efeitos estocásticos a baixas doses, resultando na dose equivalente (ver Anexo A);

L - Fator de qualidade da radiação (Q) - poder de freamento não restrito da radiação, dado em função da transferência linear de energia não restrita (ver Anexo A);

LI - Fonte ou fonte de radiação – Qualquer material, equipamento ou instalações e atividades que possam causar exposição à radiação tanto por emitir radiação ionizante quanto por liberação de substâncias radioativas ou materiais radioativos. A fonte pode ser tratada como uma entidade única para fins de radioproteção e segurança radiológica, ou como um conjunto de fontes (uma instalação ou uma atividade) desde que o grupo crítico ou pessoa representativa seja o mesmo;

LII - Fonte radioativa - todo material radioativo utilizado como fonte de radiação;

LIII - Gerador de radiação – dispositivo capaz de gerar radiação ionizante como raios X, nêutrons, elétrons ou outras partículas carregadas;

LIV - Gestão da qualidade - conjunto de estratégias e ações adotadas de forma coordenada e sistematizada com o objetivo de melhorar de forma contínua os processos, produtos e serviços;

LV - Grupo crítico - grupo (hipotético) de indivíduos do público, cuja exposição a uma determinada fonte de radiação ou via de exposição é razoavelmente homogênea e típica dos indivíduos que recebem as maiores doses equivalentes ou doses efetivas devidas àquela fonte;

LVI - Incidente - Qualquer evento intencional ou não intencional, tal como: erros de operação, falhas de equipamento, eventos iniciadores, precursores de acidentes, ato não autorizado ou malicioso; cujas consequências ou possíveis consequências radiológicas poderão ter algum impacto para o público e meio ambiente do ponto de vista da radioproteção e segurança radiológica;

LVII - Indivíduo do público - qualquer membro da população quando não submetido à exposição ocupacional ou exposição médica;

LVIII - Indivíduo Ocupacionalmente Exposto (IOE) - indivíduo sujeito à exposição ocupacional independente da Situação de Exposição;

LIX - Instalações e atividades - termo geral que abrange instalações nucleares, radiativas, depósitos de rejeitos e resíduos, instalações minero industriais, o uso de todas as fontes de radiação ionizante, gerenciamento de resíduos e rejeitos radioativos, transporte de material radioativo e qualquer outra circunstância, tais como ações de emergência e remediação, em que as pessoas possam estar sujeitas à exposição à radiação;

LX - Isenção - ato regulatório outorgado pela CNEN que isenta do controle regulatório instalações e atividades ou uma fonte individualmente;

LXI - Licença - ato regulatório outorgado pela CNEN para uma pessoa física ou jurídica, referente a uma instalação ou atividade específica;

LXII- Limpeza do sítio - quaisquer medidas que possam ser executadas por meio de ações aplicadas à própria fonte ou às vias de exposição dos seres humanos, para reduzir a exposição à radiação, devido à contaminação no sítio após descomissionamento de uma instalação planejada;

LXIII - Material radioativo - material emissor de qualquer radiação eletromagnética ou particulada, direta ou indiretamente ionizante;

LXIV - Material Radioativo de Ocorrência Natural (do acrônimo em inglês NORM) - Material radioativo que não contém quantidades significativas de radionuclídeos, além de radionuclídeos de origem natural acima dos valores estabelecidos nesta norma. Estão incluídos nessa definição os materiais cujas concentrações de atividade dos radionuclídeos naturais foram alteradas por um processo industrial;

LXV - Material radioativo residual - material radioativo remanescente no meio ambiente, em decorrência de uma situação de exposição existente ou do término de uma situação de emergência;

LXVI - Médico especialista - médico possuidor de Registro de Qualificação de Especialista (RQE) no Conselho Regional de Medicina (CRM), certificados ou títulos emitidos pela Associação Médica Brasileira (AMB) ou certificados de residência médica credenciados pela Comissão Nacional de Residência Médica (CNRM), cuja área de atuação envolva o uso de radiação ionizante;

LXVII - Meio ambiente - sob o ponto de vista da radioproteção, é qualquer área não pertencente à instalação, à qual indivíduos do público têm acesso irrestrito;

LXVIII - Monitoração - medição de grandezas para fins de controle ou avaliação da exposição à radiação, incluindo a interpretação dos resultados; a monitoração pode ser classificada quanto ao seu objetivo como monitoração individual, de área de trabalho, de fontes e ambiental ou de acordo com a situação como monitoração de rotina, planejada ou especial;

LXIX - Nível de intervenção operacional (NIO) - valor de uma grandeza mensurável derivada de um critério genérico, para situações de exposição de emergência; é expresso em termos de taxa de dose ou de atividade do material radioativo liberado, concentrações de atividade de radionuclídeos em alimentos, superfícies e amostras ambientais;

LXX - Nível de investigação - valor de uma grandeza, definido ou aprovado pela CNEN, que faz parte de um programa de monitoração, que quando atingido ou excedido, torna obrigatória a investigação das suas causas, avaliação das consequências e ações corretivas necessárias;

LXXI - Nível de referência - valor de dose ou concentração de atividade, numa situação de exposição de emergência ou de exposição existente, acima do qual não é apropriado planejar a ocorrência de exposições e que abaixo do qual a otimização da radioproteção deve continuar a ser implementada. Por vezes estabelece-se um intervalo de referência em que o nível de referência inferior significa que, abaixo do qual, nenhuma ação se justifica. Na maioria das situações o nível de referência inclui a radiação natural de fundo;

LXXII - Nível de Referência em Diagnóstico (NRD) - Valor utilizado como ferramenta no processo de otimização da proteção em exposições médicas de pacientes em procedimentos diagnósticos e intervencionistas. É utilizado em imagens médicas com uso de radiação ionizante para indicar se, em condições de rotina, a quantidade de radiação utilizada para um procedimento especificado é excepcionalmente alta ou baixa para esse procedimento. Este valor é geralmente definido como o terceiro quartil (percentil 75) da distribuição dos valores medianos de NRD observados em: (a) em alguns estabelecimentos de saúde (denominados "valor NRD local"); ou (b) várias instalações em um país (denominado "valor NRD nacional");

LXXIII - Nível de registro - valor de uma grandeza, parte de um programa de monitoração, definido no processo de licenciamento, a partir do qual o seu registro torna-se obrigatório;

LXXIV - Nível operacional - valor estabelecido pelo titular, para uma dada grandeza, do programa de monitoração, utilizado como parâmetro na otimização da radioproteção, em uma situação de exposição

planejada;

LXXV - Organização operadora - pessoa jurídica com autorização para operação ou descomissionamento da instalação;

LXXVI - Otimização da radioproteção ou Otimização - processo pelo qual se determina o nível de radioproteção que permite que a magnitude das doses individuais, o número de indivíduos submetidos à exposição à radiação ionizante e a probabilidade de ocorrência dessas exposições se mantenham em valor tão baixo quanto racionalmente exequível (ALARA), levando em consideração os fatores econômicos e sociais;

LXXVII - Partes interessadas - todos os elementos (pessoas, instituições, grupos, órgãos governamentais etc.) que de alguma forma afetam ou são afetadas pelas ações que envolvam o uso da energia nuclear e da radiação ionizante em geral;

LXXVIII - Partes principais - pessoa física ou jurídica que tem as principais responsabilidades relativas à radioproteção e segurança radiológica, em instalações e atividades;

LXXIX - Perigo - diz respeito a uma situação ou evento que pode ter impacto ou consequência adversa para o ser humano ou para o meio ambiente;

LXXX - Pessoa representativa - indivíduo, seja hipotético ou específico, que recebe uma dose representativa dos indivíduos mais expostos da população;

LXXXI - Plano de Emergência Local (PEL) - plano, submetido e implementado pelo titular da instalação, abrangendo a área de sua propriedade, que contém todas as medidas planejadas a serem desenvolvidas visando a segurança da população em caso de acidente nuclear ou radiológico;

LXXXII - Plano de Radioproteção ou Plano de Proteção Radiológica - documento exigido para fins de licenciamento da instalação, que estabelece as ações de radioproteção a serem implantadas pelo serviço de radioproteção local;

LXXXIII - Produtos de consumo - dispositivos ou itens fabricados nos quais radionuclídeos foram deliberadamente incorporados ou produzidos por ativação, ou que geram radiação ionizante, e que podem ser vendidos ou disponibilizados aos membros do público sem vigilância ou controle regulatório especial após a venda;

LXXXIV - Radiação ionizante - qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria, ioniza seus átomos ou moléculas;

LXXXV - Radioproteção ou Proteção radiológica - conjunto de princípios e medidas que visam evitar exposições desnecessárias à radiação com o objetivo de proteger o ser humano e seus descendentes, assim como o meio ambiente dos possíveis efeitos indesejados causados pela radiação ionizante;

LXXXVI - Rejeito radioativo - qualquer material, resultante de instalações e atividades, que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos níveis de dispensa estabelecidos pela CNEN e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista;

LXXXVII - Remediação - quaisquer medidas que possam ser executadas por meio de ações aplicadas à própria fonte ou às vias de exposição dos seres humanos, para reduzir a exposição à radiação, devido à contaminação em situações de exposição existente;

LXXXVIII - Restrição de dose - valor de dose prospectivo relacionado à fonte e inferior ao limite de dose estabelecido pela CNEN, utilizado como uma referência superior no processo de otimização relativo a essa fonte. O valor de restrição de dose deve ser aplicado a uma fonte ou a um conjunto de fontes como entidade única se o grupo crítico ou pessoa representativa for o mesmo;

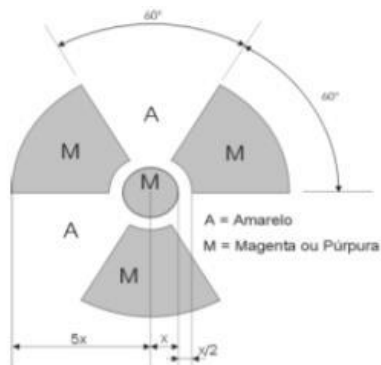
LXXXIX - Risco - Expressão dada pelo produto da probabilidade de ocorrência de um determinado evento pela sua consequência;

XC - Risco radiológico - a probabilidade de um determinado efeito à saúde ocorrer em uma pessoa ou grupo como resultado da exposição à radiação. O efeito(s) à saúde em questão deve(m) ser declarado(s), por exemplo, risco de câncer fatal, risco de efeitos hereditários, risco de um determinado detrimento;

XCI - Serviço de radioproteção ou Serviço de proteção radiológica - estrutura constituída com vistas à execução e à manutenção do plano de radioproteção de uma instalação ou atividade, de acordo com requisitos de norma específica. Essa denominação não tem caráter obrigatório, servindo simplesmente como referência;

XCII - Segurança de fontes ou Segurança radiológica - conjunto de medidas e dispositivos para o controle de fontes de radiação durante todo o seu ciclo de vida, com o objetivo de prevenir acidentes ou incidentes e mitigar suas consequências;

XCIII - Símbolo internacional da radiação ionizante - o trifólio é o símbolo utilizado internacionalmente para indicar a presença de radiação ionizante. O triângulo é um símbolo complementar (ISO 21482) para advertência em fontes radioativas de categoria 1, 2 e 3 (Anexo B);



XCIV - Situação de exposição existente - situação de exposição decorrente da fonte de radiação que já existe quando uma decisão sobre o controle ou remediação deva ser tomada, com base na caracterização dessa exposição. Inclui exposição à radioatividade natural devido ao local, materiais e processos utilizados, e exposição devido a material radioativo residual que deriva de instalações e atividades anteriores que não estavam sujeitas a controle regulatório, ou que permaneça após uma situação de exposição de emergência ter sido declarada encerrada;

XCV - Situação de exposição de emergência - situação de exposição que surge como resultado de um acidente, um ato malicioso ou qualquer outro evento inesperado e que requer ação imediata para evitar ou reduzir consequências adversas;

XCVI - Situação de exposição planejada - situação de exposição à radiação, adicional à radiação natural de fundo, devido à operação deliberada de uma fonte de radiação, instalação ou atividade planejada, incluindo o seu descomissionamento ou encerramento, limpeza do sítio e deposição dos rejeitos. As medidas de radioproteção e segurança radiológica devem ser previstas em projeto antes do início da operação;

XCVII - Supervisor de Radioproteção ou Supervisor de Proteção Radiológica - indivíduo com certificação da qualificação emitida pela CNEN, no âmbito de sua área de atuação, formalmente designado pelo titular, para assumir as responsabilidades previstas nas normas da CNEN;

XCVIII - Termo fonte - quantidade e composição isotópica de material radioativo liberado ou postulado para ser liberado por uma instalação ou atividade;

XCIX - Titular - pessoa jurídica, pública ou privada, ou a pessoa física indicada no contrato social, estatuto ou qualquer outro documento equivalente, como responsável legal pelas instalações e atividades para as quais foram outorgadas, pela CNEN, licenças, autorizações ou qualquer outro ato administrativo relativo às suas atividades. A CNEN poderá avaliar a indicação de outra pessoa física para que seja apontada como titular, desde que, comprovadamente, o indicado detenha poderes, dentro da organização, para ostentar essa posição nas mesmas condições do representante legal; e

C - Trabalhador de emergência - trabalhador com funções específicas para atuar em situações de exposição de emergência.

CAPÍTULO II

RESPONSABILIDADES

Seção I

Partes Responsáveis

Art. 7º As partes principais às quais incumbem as responsabilidades com relação à aplicação desta Norma são:

I - os titulares, pessoas físicas ou jurídicas, responsáveis por instalações e atividades licenciadas ou autorizadas pela CNEN;

II - os empregadores dos trabalhadores, no que se refere à exposição ocupacional;

III - os médicos especialistas, no que se refere à exposição médica; e

IV - as pessoas físicas ou jurídicas designadas para lidar com as situações de exposição de emergência ou com as situações de exposição existente.

Art. 8º Os corresponsáveis com respeito à aplicação desta Norma são:

I - os supervisores de radioproteção;

II - os fornecedores de fontes, os fornecedores de equipamentos e programas de informática associados, e os fornecedores de produtos de consumo;

III - os físicos médicos;

IV - os especialistas qualificados, os gestores ou qualquer outra parte a que o titular haja designado responsabilidades específicas; e

V - os trabalhadores sujeitos a exposição ocupacional que não sejam os trabalhadores mencionados nos incisos de I a IV neste artigo.

Seção II Do Titular

Art. 9º Os titulares devem cumprir os requisitos estabelecidos nesta Norma e demais requisitos estabelecidos pela CNEN.

Art. 10. Os titulares são responsáveis pela radioproteção das pessoas e do meio ambiente e pela segurança radiológica das instalações e atividades, devendo:

I - fixar objetivos em termos de radioproteção e segurança radiológica em conformidade com os requisitos das normas da CNEN;

II - estabelecer uma estrutura de radioproteção em consonância com a natureza e os riscos radiológicos associados com as instalações e atividades;

III - adotar as ações necessárias para assegurar que os IOEs estejam cientes de que sua segurança é parte integrante do programa de radioproteção;

IV - garantir e promover a segurança das fontes sob sua responsabilidade, considerando a categorização constante no Anexo B; e

V - garantir a execução de programas para treinamento de pessoal com funções relevantes para a proteção dos membros do público.

Art. 11. Os titulares devem garantir que as trabalhadoras sejam informadas ao terem que entrar em áreas controladas ou áreas supervisionadas ou que possam realizar tarefas de emergência, sobre:

I - a importância da trabalhadora notificar imediatamente o seu empregador sobre a suspeita de gravidez, gravidez e estar amamentando;

II - o risco de efeitos à saúde do lactente por ingestão de substâncias radioativas durante a amamentação; e

III - o risco de exposição do embrião ou feto.

Art. 12. O titular poderá delegar, total ou parcialmente, as atribuições ou atividades relacionadas à aplicação desta Norma, mantida, em qualquer caso, a sua responsabilidade originária com a radioproteção e a segurança radiológica.

§ 1º As partes para as quais os titulares delegarem atribuições ou atividades relacionadas a esta Norma devem ser formalizadas, conforme atos administrativos ou normas específicas da CNEN.

§ 2º Os titulares devem documentar toda a delegação de tarefas.

§ 3º Em caso de delegação de atribuições, é vedado ao titular alegar o desconhecimento das normas que lhe atribuem deveres e obrigações em relação à responsabilidade que recai sobre si.

Art. 13. Os titulares devem dispor de supervisores de radioproteção ou responsáveis pela radioproteção conforme normas específicas da CNEN.

Parágrafo único. O substituto eventual do supervisor de radioproteção deve possuir certificação ou treinamento adequado em radioproteção e segurança radiológica conforme estabelecido em normas específicas da CNEN.

Art. 14. Os titulares de instalações e atividades que conduzam um Programa de Monitoração Radiológica Ambiental devem disponibilizar ao público os seus resultados.

Art. 15. Os titulares ao terceirizarem atividades em suas instalações são responsáveis pela radioproteção dos trabalhadores que executarão tais atividades, incluindo os seus registros de dose.

Seção III

Dos Empregadores dos Trabalhadores

Art. 16. Os empregadores dos trabalhadores são responsáveis, por meio de contrato com o Titular, por garantir que planos de radioproteção sejam executados e que os seus trabalhadores classificados como IOE, sejam treinados e informados sobre os riscos potenciais das suas atividades laborais envolvendo exposição à radiação ionizante.

Parágrafo único. Os empregadores devem manter os registros de doses atualizados de seus trabalhadores envolvidos em tarefas que os exponham à radiação ionizante, mantendo-os informados.

Seção IV

Das Pessoas Físicas ou Jurídicas designadas para lidar com situações de exposição de emergência e de situações de exposição existentes

Art. 17. As pessoas físicas ou jurídicas designadas para lidar com situações de exposição de emergência são responsáveis por:

I - preparar e executar as ações de resposta a emergência com o objetivo de, nesta ordem:

- a) salvar vidas;
- b) recuperar o controle da situação e mitigar consequências;
- c) evitar ou minimizar a ocorrência de efeitos determinísticos e reduzir o risco de efeitos estocásticos nos membros da população;
- d) mitigar as consequências não radiológicas;

II - garantir a radioproteção dos trabalhadores em situação de emergência envolvidos nas ações de resposta à emergência;

III - manter o público informado quanto à evolução da emergência e às ações de resposta; e

IV - preparar para a fase da transição para a situação de exposição existente de modo a retomar as atividades rotineiras que ocorriam antes da declaração de situação de emergência.

Art. 18. As pessoas físicas ou jurídicas designadas para lidar com as situações de exposição existentes são responsáveis por:

I - identificar o tipo de situação de exposição existente;

II - adotar níveis de referência apropriados ao tipo de situação de exposição existente;

III - implantar, de acordo com o tipo de situação, estratégias de controle, de proteção ou de remediação justificadas e em concordância com as normas da CNEN pertinentes;

IV - promover a inclusão das partes interessadas no processo de tomada de decisão referente às estratégias de controle, de proteção e de remediação, quando aplicável;

V - garantir a radioproteção dos trabalhadores e dos indivíduos do público;

VI - garantir o gerenciamento dos rejeitos radioativos gerados;

VII - proteger o meio ambiente e a propriedade;

VIII - preparar para a retomada da atividade normal, social e econômica, quando aplicável;

IX - adotar mecanismos de avaliação do desempenho e eficácia das ações de proteção e remediadoras executadas;

X - adotar, quando aplicável, os requisitos de radioproteção e segurança radiológica estabelecidos em normas específicas da CNEN.

Seção V

Do Supervisor de Radioproteção

Art. 19. As responsabilidades dos supervisores de radioproteção são:

I - manter sob controle, em conformidade com requisitos estabelecidos em normas da CNEN, com exigências de licenciamento e condições operacionais autorizadas:

- a) as fontes de radiação ionizante;
- b) a liberação de efluentes e os rejeitos radioativos;
- c) as condições de radioproteção e segurança radiológica dos indivíduos ocupacionalmente expostos e do público;
- d) as áreas livres, supervisionadas e controladas, e;
- e) os equipamentos de radioproteção e monitoração da radiação;

II - interromper qualquer atividade que considere potencialmente insegura em termos da proteção radiológica;

III - manter o titular da instalação ou atividade informado sobre eventos relativos à radioproteção e segurança radiológica;

IV - executar ou coordenar prontamente ações protetoras e mitigadoras quando da ocorrência de eventos que comprometam a radioproteção e segurança radiológica dos trabalhadores, de pacientes (quando aplicável), do público e do meio ambiente;

V - comunicar imediatamente ao titular da instalação ou atividade, sem prejuízo das ações mitigadoras, a ocorrência de irregularidades constatadas com fontes de radiação e as ações necessárias para garantir a radioproteção e segurança radiológica da instalação ou da atividade, em cumprimento às normas da CNEN, bem como manter registro dessa comunicação;

VI - comunicar imediatamente a outras autoridades em caso de ocorrências que requeiram intervenção imediata das mesmas, dando ciência ao titular da instalação ou atividade;

VII - coordenar o treinamento, orientar e avaliar o desempenho dos indivíduos ocupacionalmente expostos, sob o ponto de vista da radioproteção e segurança radiológica;

VIII - atuar em situações de emergência nuclear ou radiológica, de acordo com o previsto no plano de emergência da instalação ou atividade aprovado pela CNEN, investigando e implementando as ações corretivas e preventivas aplicáveis;

IX - elaborar ou coordenar a elaboração do plano de radioproteção da instalação ou atividade, mantê-lo atualizado e assegurar sua aplicação;

X - estabelecer e garantir a aplicação de procedimentos para recebimento, manuseio, uso, acondicionamento, transporte e armazenamento de fontes de radiação e de rejeitos radioativos;

XI - estabelecer, avaliar e manter atualizados e disponíveis para verificação os registros referentes ao serviço de radioproteção da instalação ou atividade;

XII - manter-se atualizado sobre a evolução de conceitos e tecnologias relacionados à segurança nuclear ou radiológica, à radioproteção e aos regulamentos aplicáveis;

XIII - comunicar à CNEN, no prazo estabelecido em norma específica, seu desligamento de qualquer instalação ou atividade em que atue como supervisor de radioproteção;

XIV - estar atento aos fatores humanos e organizacionais, zelando pela manutenção da cultura de segurança na organização;

XV - comunicar ao titular da instalação ou atividade eventual deterioração nas ações relacionadas à cultura de segurança; e

XVI - cumprir disposições estabelecidas em normas específicas.

Seção VI

Dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos - IOE

Art. 20. Os IOEs devem:

I - seguir as regras e procedimentos aplicáveis à radioproteção e segurança radiológica especificados pelas partes responsáveis, incluindo a participação em treinamentos relativos à radioproteção e segurança radiológica, que os capacite a conduzir suas tarefas de acordo com os requisitos desta Norma;

II - fornecer às partes responsáveis quaisquer informações sobre seu trabalho, passado e atual, incluindo histórico de dose, de forma que as doses recebidas em distintas instalações e atividades não excedam os limites anuais;

III - fornecer às partes responsáveis a informação de ter sido ou estar sendo submetido a tratamento médico ou diagnóstico que utilize radiação ionizante; e

IV - abster-se de quaisquer ações intencionais que possam colocá-lo, ou a terceiros, em situações que contrariem os requisitos desta Norma.

Art. 21. Os IOEs devem comunicar às partes responsáveis, tão logo seja possível, qualquer circunstância que não esteja, ou possa vir a não estar, em conformidade com esta Norma.

Art. 22. As partes responsáveis devem registrar qualquer comunicado recebido de um IOE identificando qualquer circunstância que não esteja, ou possa vir a não estar, em conformidade com esta Norma, e tomar as ações requeridas.

CAPÍTULO III REQUISITOS DE GESTÃO

Seção I Requisitos de Radioproteção e Segurança Radiológica

Art. 23. Os titulares e empregadores devem assegurar que a radioproteção e segurança radiológica estejam efetivamente integradas em um sistema de gestão, de forma a:

I - garantir o estabelecimento de políticas e procedimentos que determinem que a segurança tem a máxima prioridade, demonstrando o comprometimento da alta administração;

II - avaliar regularmente o sistema de gestão de modo a detectar e corrigir os problemas referentes à radioproteção e segurança radiológica, aplicando as lições aprendidas;

III - descrever as responsabilidades de cada parte responsável com respeito à radioproteção e segurança radiológica;

IV - garantir que todas as partes responsáveis estejam capacitadas e qualificadas;

V - estabelecer uma estrutura hierárquica com a definição de responsabilidades para com a radioproteção e segurança radiológica;

VI - estabelecer o fluxo de comunicação para os assuntos relativos à radioproteção e segurança radiológica, considerando todos os níveis organizacionais; e

VII - promover a cultura de segurança, conforme detalhado no art. 24.

Seção II Cultura de Segurança, Fatores Humanos e Gestão da Qualidade

Art. 24. Os responsáveis pelas instalações e atividades devem fomentar e manter uma cultura de segurança geral para estimular e fortalecer atitudes e comportamentos que contribuam para aprimorar a radioproteção e a segurança radiológica.

§ 1º A gestão da cultura de segurança tem por objetivo garantir o desempenho seguro durante a execução das atividades com fontes de radiação ionizante, visando a proteção à saúde e ao meio ambiente, bem como minimizar o risco de possíveis danos oriundos da exposição à radiação, prevenindo acidentes e mitigando suas consequências, tanto no presente como no futuro.

§ 2º O programa de cultura de segurança deve garantir:

I - a promoção de compromisso individual e coletivo com a segurança geral em todos os níveis da organização;

II - a compreensão comum dos aspectos-chave da cultura de segurança dentro da organização;

III - a facilitação dos meios para os quais a organização apoie as pessoas e os grupos na realização de suas tarefas de forma segura e satisfatória, considerando as interações entre as pessoas, a tecnologia e a organização;

IV - o fomento à participação de trabalhadores, seus representantes ou outras pessoas pertinentes, na elaboração de política, normas e procedimentos que tratem da segurança de forma geral;

V - a obediência da organização e das pessoas em todos os níveis em relação ao programa de segurança implantado;

VI - o fomento da comunicação aberta a respeito da segurança geral dentro da organização e com as partes pertinentes;

- VII - o fomento de uma atitude inquisitiva e de aprendizado e a rejeição da autocomplacência e culpabilidade com respeito às falhas na segurança de forma geral;
- VIII - a disponibilidade dos meios para que a organização promova constantemente a capacitação, o desenvolvimento e o fortalecimento da cultura de segurança; e
- IX - a promoção do sistema de aprendizagem com erros, medidas adotadas para a prevenção e mitigação de erros e falhas.

Art. 25. Os responsáveis pelas instalações e atividades e outras partes que tenham responsabilidades específicas em relação à radioproteção e à segurança radiológica devem considerar os fatores humanos e apoiar o bom desempenho e as boas práticas para evitar falhas humanas e da organização. A gestão da cultura de segurança tem por objetivo garantir que:

- I - sejam seguidos os princípios ergonômicos no projeto de equipamentos, com instruções e identificações em português, e na concepção dos procedimentos operacionais; e
- II - sejam fornecidos equipamentos, sistemas de segurança e estabelecidos procedimentos adequados, entre outras disposições necessárias para:
 - a) reduzir a possibilidade de que a ocorrência de erro humano ou uma ação involuntária possa dar lugar a acidentes ou incidentes que culminarão na exposição de pessoas ou danos ao meio ambiente;
 - b) prover os meios para detectar erros humanos, corrigindo-os ou mitigando-os; e
 - c) facilitar a aplicação de medidas protetoras e corretivas, em caso de falhas nos sistemas de segurança ou nas medidas de radioproteção e segurança radiológica.

Art. 26. O sistema de gestão da qualidade estabelecido e executado pelo titular deve proporcionar, no que se refere à radioproteção e segurança radiológica:

- I - garantia de que os requisitos especificados nesta Norma ou em normas específicas e demais condicionantes aplicáveis estejam satisfeitos; e
- II - mecanismos e procedimentos para revisar e avaliar se as medidas de radioproteção e segurança radiológica adotadas são efetivas.

CAPÍTULO IV

Isenção e Dispensa

Art. 27. Instalações e atividades e fontes associadas, em situações de exposição planejada, são isentas de controle regulatório, quando a dose efetiva anual a ser recebida por qualquer indivíduo for igual ou inferior a 10 μ Sv.

Parágrafo único. A isenção só se aplica a instalações e atividades que sejam justificadas e intrinsecamente seguras.

Art. 28. Em situações de exposição existente, a isenção do controle regulatório de instalações e atividades e fontes associadas se dará quando a dose efetiva anual for inferior a 1 mSv.

Art. 29. Fontes de radiação estarão isentas da aplicação de requisitos de radioproteção e segurança radiológica quando atenderem aos seguintes critérios específicos:

- I - para materiais radioativos:
 - a) quando a atividade total ou a concentração de atividade de um dado radionuclídeo presente a qualquer momento não exceda o valor de isenção apresentado na Tabela C-I do Anexo C, para quantidades de até 1 tonelada;
 - b) quando a concentração de atividade de um determinado radionuclídeo de origem artificial não exceda o valor de isenção apresentado na Tabela C-III do Anexo C, para grandes quantidades;
 - c) para os radionuclídeos que não possuem valor correspondente entre as duas tabelas caberá ao órgão regulador definir as bases de cálculo;
 - c) para os radionuclídeos que não possuem valor correspondente entre as duas tabelas caberá à CNEN definir as bases de cálculo;
- II - para radionuclídeos de origem natural, a isenção de grandes quantidades de material pode ser estabelecida pela CNEN, caso a caso, usando um critério de dose de 1 mSv em um ano;

III - para geradores de radiação:

a) quando, em condições de operação normal, não causem uma taxa de equivalente de dose ambiente ou equivalente de dose direcional, conforme apropriado, maior do que 1 $\mu\text{Sv/h}$ a uma distância de 0,1 m de qualquer superfície acessível do aparelho;

b) a energia máxima da radiação produzida seja inferior a 5 keV; ou

c) qualquer outro tipo de gerador definido pela CNEN.

Art. 30. A isenção de qualquer instalação e atividade ou fonte individual está sujeita à aprovação da CNEN e depende, também, de condições específicas de controle, uso ou deposição, levando em conta as propriedades físicas e químicas do material radioativo.

Parágrafo único. Os responsáveis pelas instalações e atividades ou fontes individuais isentas devem garantir que estas continuem atendendo às condições de isenção e devem informar à CNEN modificações ou quaisquer alterações que possam afetar as condições de isenção.

Art. 31. Fontes, incluindo substâncias, materiais e objetos, associadas a instalações e atividades, e substâncias radioativas naturais podem ser retiradas do controle regulatório e então liberadas do atendimento a requisitos de radioproteção e segurança radiológica, quando passarem a se enquadrar nos critérios de dispensa estabelecidos em norma da CNEN.

Art. 32. Os valores autorizados para dispensa incondicional de materiais radioativos devem ser, no máximo, iguais aos níveis de isenção descritos nesta Norma.

§ 1º A dispensa condicional de materiais radioativos sólidos deve ser avaliada caso a caso em função do tipo de material e do cenário de reutilização ou reciclagem, ou deposição em aterros industriais.

§ 2º A dispensa de materiais radioativos líquidos e gasosos é tratada em norma específica.

Art. 33. No caso de grandes quantidades de material radioativo dentro de uma instalação ou atividade sob controle regulatório, a dispensa sem consideração adicional pode ser estabelecida desde que:

I - a concentração de atividade de um radionuclídeo individual de origem artificial não exceda o nível de isenção apresentado na Tabela C-III do Anexo C;

II - as concentrações de atividade dos radionuclídeos de origem natural não excedam os valores de 1Bq/g para radionuclídeos das séries do urânio e do tório e de 10 Bq/g para ^{40}K ;

III - para radionuclídeos de origem natural em materiais que podem ser reciclados, reutilizados, ou cuja deposição possa ser responsável por algum impacto na exposição do público, a concentração da atividade dos radionuclídeos não deve exceder os valores específicos derivados de forma a atender a um critério de adicional de dose da ordem de 1 mSv em um ano, excluindo a contribuição do radônio. A exposição ao radônio deve ser controlada observando o valor de referência de 300 Bq/m³ para ambientes fechados.

Parágrafo único. Entende-se por grandes quantidades de material o que se segue:

I - quantidades superiores a 1 tonelada de materiais contendo radionuclídeos;

II - materiais advindos de operações de desmonte ou descomissionamento de instalações; e

III - rejeitos e estéréis de mineração.

Art. 34. O procedimento relacionado à dispensa de qualquer fonte associada a uma instalação ou atividade deve atender a requisitos estabelecidos em normas específicas da CNEN.

Parágrafo único. a dispensa não é aplicada à liberação de efluentes radioativos no meio ambiente, decorrente da operação rotineira de instalações e atividades, devendo essa liberação apenas ser autorizada dentro do contexto do licenciamento dessas instalações e atividades.

CAPÍTULO V

SITUAÇÃO DE EXPOSIÇÃO PLANEJADA

Seção I

Campo de Aplicação

Art. 35. As situações de exposição planejada se aplicam às seguintes instalações e atividades para as quais

esta Norma estabelece requisitos:

- I - o manuseio, a produção, a posse, a utilização, o transporte, o armazenamento e a deposição de material radioativo ou de rejeito e de dispositivos que contenham material radioativo, incluindo fontes seladas e não seladas e produtos de consumo;
- II - a produção e uso de dispositivos que geram radiação ionizante, compreendendo os aceleradores de partículas e geradores de raios X;
- III - a geração de energia nuclear, incluindo quaisquer atividades dentro do ciclo do combustível nuclear;
- IV - o uso de radiação ionizante ou material radioativo para fins médicos, industriais, veterinários, agrícolas, jurídicos ou de segurança;
- V - a utilização de radiação ionizante ou de material radioativo para fins educacionais, capacitação ou pesquisa; e
- VI - qualquer outra instalação ou atividade a ser especificada pela CNEN.

Art. 36. Os requisitos para situações de exposição planejada aplicam-se às exposições ocupacional, médica e do público devido às instalações e atividades descritas no art. 35.

Seção II Requisitos Gerais

Art. 37. Para realizar ações envolvendo instalações ou atividades que possuem requisitos de radioproteção e segurança radiológica, estabelecidos nesta Norma, toda pessoa física ou jurídica deve submeter requerimento para obtenção dos atos administrativos pertinentes, de acordo com as normas aplicáveis da CNEN.

§ 1º Devem ser consideradas todas as ações e etapas aplicáveis, desde a escolha do local até o descomissionamento ou encerramento da instalação ou atividade, ou até o fim do controle institucional da instalação ou atividade, tendo como base critérios técnicos.

§ 2º Em relação a produtos para consumo, são necessários requerimentos para fabricação, montagem, importação e distribuição e, em alguns casos, dispensa ou exportação.

Subseção I Responsabilidades dos Titulares

Art. 38. Os titulares de Instalações e Atividades em Situação de Exposição Planejada são responsáveis por:

- I - estabelecer linhas claras de responsabilidade com relação à radioproteção e à segurança radiológica;
- II - manter uma estrutura de radioproteção dimensionada de acordo com o porte da instalação ou atividade, a ser aprovada pela CNEN. Esta estrutura de radioproteção deve dispor de um ou mais supervisores com qualificação em radioproteção e segurança radiológica reconhecida pela CNEN ou profissionais com treinamento em radioproteção e segurança radiológica, conforme estabelecido em normas específicas da CNEN;
- III - submeter à aprovação da CNEN um plano de radioproteção, conforme especificado no Anexo D e normas específicas;
- IV - submeter à CNEN, conforme norma específica, um Plano de Proteção Física, quando aplicável, e conforme normas específicas;
- V - dispor de procedimentos e instruções operacionais em relação à radioproteção e à segurança radiológica, com atualizações periódicas, de acordo com um sistema de gestão;
- VI - estabelecer procedimentos para notificação de acidentes e incidentes, relacionados à radioproteção e à segurança radiológica, bem como para análise de causa raiz e o estabelecimento de ações corretivas e preventivas;
- VII - garantir a gestão segura e o controle de todas as fontes e rejeitos radioativos gerados, de acordo com as normas da CNEN;
- VIII - garantir o acesso e cooperar com as equipes de fiscalização ou representantes autorizados pela CNEN para a realização de inspeções em suas instalações e atividades, e nos seus procedimentos e registros relativos à radioproteção e segurança radiológica;
- IX - solicitar autorização à CNEN para introduzir modificações nas instalações ou atividades sob sua

responsabilidade, sempre que tais modificações possam ter impacto na radioproteção ou segurança radiológica;

X - prever e planejar o descomissionamento ou encerramento da instalação ou atividade conforme requisitos de licenciamento estabelecidos pela CNEN em normas específicas; e

XI - estabelecer um plano de emergência local, em conformidade com os requisitos do Capítulo VI e normas específicas da CNEN, definindo as diversas ações e responsabilidades, para o caso de uma situação de exposição de emergência.

Subseção II

Prevenção e Mitigação de Acidente

Art. 39. Deve-se aplicar às instalações e atividades, e fontes associadas um sistema de defesa em profundidade, proporcional às probabilidades e magnitudes das exposições potenciais envolvidas, no que se refere à radioproteção e segurança radiológica, observando-se as medidas de segurança estabelecidas em normas específicas.

Art. 40. O sistema de defesa em profundidade deve ser aplicado para:

I - prevenir acidentes;

II - mitigar as consequências dos acidentes; e

III - restabelecer as fontes às condições de segurança iniciais.

Art. 41. O sistema de segurança, suas estruturas, componentes e equipamentos importantes para a segurança devem ser inspecionados e submetidos a ensaios regularmente para detecção de qualquer degradação que possa resultar em condições anormais ou comportamento que comprometa a segurança.

Parágrafo único. Deve-se assegurar que a inspeção e os ensaios apropriados destes itens sejam registrados e realizados com controle da exposição ocupacional.

Art. 42. Devem ser atendidos todos os requisitos de proteção física, para o tipo de instalação e de fonte, conforme estabelecido em normas específicas da CNEN, de forma a prevenir a remoção não autorizada da fonte e/ou a sabotagem da instalação ou atividade.

Seção III

Requisitos Básicos de Radioproteção

Subseção I

Justificação

Art. 43. Somente será justificado o uso de fontes associadas a instalações e atividades que produzam benefícios, para a sociedade ou para os indivíduos expostos, que sejam suficientes para compensar o possível dano correspondente.

Parágrafo único. Cabe à CNEN avaliar a justificação de aplicações de tecnologias da radiação ainda não utilizadas.

Art. 44. Não são justificadas as instalações e atividades que envolvam, em especial:

I - exposição médica não justificada, a utilização de alimentos, bebidas, cosméticos ou quaisquer outras mercadorias ou produtos destinados a ingestão, inalação, incorporação percutânea ou aplicação no ser humano;

II - uso frívolo da radiação, ou de substâncias radioativas, em materiais de manufatura ou bens de consumo, incluindo brinquedos e objetos de joalheria ou adorno pessoal;

III - uso da radiação com fins de expressão artística ou de publicidade;

IV - irradiação intencional de pessoas para fins de demonstração ou treinamento;

V - obtenção de imagens humanas mediante exposição à radiação para obtenção de seguro saúde com relação a enfermidades sem indicação clínica; e

VI - obtenção de imagens humanas mediante exposição à radiação para detecção de roubos e furtos.

Parágrafo único. Atividades que envolvam obtenção de imagens humanas para combate ao contrabando ou como ameaça à segurança devem estar sujeitas à aprovação da CNEN, considerando condições específicas de uso e controle.

Art. 45. As exposições médicas de pacientes devem ser justificadas, ponderando-se os benefícios diagnósticos ou terapêuticos que elas venham a produzir em relação ao possível dano correspondente, levando-se em conta os riscos e benefícios de técnicas alternativas disponíveis que não envolvam exposição à radiação ionizante.

Subseção II **Otimização da radioproteção**

Art. 46. O processo de otimização deve levar em conta os seguintes fatores:

- I - os recursos disponíveis e justificáveis para radioproteção e segurança radiológica;
- II - a distribuição das exposições individuais e coletivas em diferentes grupos de IOE;
- III - a probabilidade e magnitude das exposições potenciais;
- IV - o potencial impacto das ações voltadas para radioproteção nos demais riscos associados, não radiológicos, nos trabalhadores e indivíduos do público; e
- V - boas práticas utilizadas em setores relevantes.

Parágrafo único. No caso de exposições médicas de pacientes, a otimização da radioproteção é implementada por meio da gestão da dose de radiação administrada, de acordo com a finalidade do procedimento médico; contudo, no caso de cuidadores e voluntários de pesquisa biomédica, a otimização deve respeitar as restrições de dose estabelecidas pela CNEN.

Art. 47. Valores para restrição de dose devem ser estabelecidos, abaixo dos quais deve ser realizada a otimização da radioproteção.

§ 1º Valores de restrição de dose no caso de exposições ocupacionais devem ser propostos pelo titular em função do tipo de instalação e atividade.

§ 2º Para restrição de dose no caso de exposição do público fica estabelecido o valor de referência de 0,3 mSv/ano, por fonte, para indivíduos do grupo crítico ou pessoa representativa.

§ 3º Para restrição de dose no caso de cuidadores e acompanhantes de pacientes é estabelecido pela CNEN o valor de referência de 5 mSv por procedimento diagnóstico ou terapêutico. Acompanhantes grávidas ou menores de 18 anos devem ser evitadas; caso essa exposição ocorra, é estabelecido pela CNEN o valor de restrição de dose de 1 mSv por episódio para crianças e de 1 mSv por episódio para o embrião ou feto.

§ 4º No caso de voluntários que realizem procedimentos diagnósticos como parte de um programa de pesquisa biomédica, valores de restrição de dose devem ser estabelecidos com base nos níveis de referência em diagnóstico para o procedimento diagnóstico em estudo, e com a aprovação por comitê de ética.

Art. 48. Os efeitos cumulativos de cada liberação anual de qualquer efluente devem ser restringidos de forma que seja improvável que a dose efetiva, em qualquer ano, exceda o limite de dose aplicável ao público.

Art. 49. O processo de otimização não exime a necessidade de atendimento aos princípios da justificação, limitação de dose ou quaisquer requisitos específicos do licenciamento da instalação e atividades.

Art. 50. A menos que a CNEN solicite especificamente, a demonstração de otimização de um sistema de radioproteção é dispensável quando o projeto do sistema assegure que em situações de exposição planejada, se cumpram as condições seguintes:

- I - a dose efetiva anual média para qualquer IOE não excede a 1 mSv; e
- II - a dose efetiva anual média para indivíduos do grupo crítico ou pessoa representativa não ultrapasse 10 µSv.

Art. 51. A otimização da radioproteção das exposições médicas de pacientes deve ser entendida como a aplicação da dose de radiação estritamente necessária e suficiente para atingir os propósitos a que se destina.

Parágrafo único. Os níveis de referência em diagnóstico quando forem administradas doses ou atividades de radiofármacos devem ser estabelecidos localmente, de forma a promover o processo de otimização da radioproteção quando estes forem excedidos ou o ajuste dos valores praticados quando estes estejam muito abaixo dos níveis determinados.

Subseção III

Limitação da Dose

Art. 52. A exposição de indivíduos em situações de exposição planejada deve ser restringida de tal modo que o acréscimo da dose efetiva, ou dose equivalente em órgãos ou tecidos de interesse, causada pela possível combinação de exposições não exceda os limites de dose especificados na tabela a seguir, salvo em circunstâncias especiais autorizadas pela CNEN.

| Limites de Dose Anuais [a] | | | |
|----------------------------|---------------|------------------------------------|----------------------|
| Grandeza | Órgão | Indivíduo Ocupacionalmente Exposto | Indivíduo do público |
| Dose efetiva | Corpo inteiro | 20 mSv [b] | 1 mSv [c] |
| Dose equivalente | Cristalino | 20 mSv [b] | 15 mSv |
| | Pele [d] | 500 mSv | 50 mSv |
| | Mãos e pés | 500 mSv | --- |

[a] Para fins de controle administrativo efetuado pela CNEN, o termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.

[b] Este valor de limite de dose efetiva para corpo inteiro ou dose equivalente para cristalino pode, alternativamente, ser a média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

[c] Se a CNEN considerar pertinente poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano.

[d] Valor médio em 1 cm² de área, na região mais irradiada.

Art. 53. No caso de mulheres grávidas e lactantes, as condições de trabalho devem ser adaptadas em relação à exposição ocupacional a fim de assegurar que se dá ao embrião ou ao feto ou ao lactante o mesmo nível geral de proteção que o requerido para os membros do público.

Art. 54. Os limites de dose estabelecidos nesta Norma não se aplicam às:

I - exposições médicas de pacientes;

II - exposições médicas de voluntários em pesquisas biomédicas; e

III - exposições médicas de acompanhantes voluntários que assistem a pacientes.

Parágrafo único. A CNEN deve ser consultada para dirimir dúvidas a respeito de situações específicas.

Subseção IV

Verificação do Atendimento aos Requisitos

Art. 55. Para fins de verificação do cumprimento dos requisitos de radioproteção e segurança radiológica, os titulares devem, conforme aplicável, efetuar auditorias periódicas e monitoração dos trabalhadores e das áreas de trabalho, dos efluentes e do meio ambiente, e manter os seus registros.

§ 1º Os titulares devem utilizar laboratórios cujos serviços de ensaio de monitoração e de calibração de instrumentos de medição para radiações ionizantes sejam autorizados pela CNEN, em conformidade com os requisitos de norma específica, e acreditados pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) ou por organismos membros do ILAC "*International Laboratory Accreditation Co-Operation*".

§ 2º Os resultados de monitoração individual obtidos pelos serviços autorizados pela CNEN devem integrar o cadastro nacional do histórico de doses de radiação dos indivíduos ocupacionalmente expostos, organizado e administrado pela CNEN. Estes dados devem ser fornecidos pelo Serviços de Monitoração Individual de acordo com as normas específicas da autorização de funcionamento destes serviços.

Seção IV

Exposição Ocupacional

Art. 56. Os titulares e empregadores são responsáveis pela radioproteção e segurança radiológica dos trabalhadores, sejam IOE ou não, em suas instalações e atividades.

Art. 57. Trabalhadores sujeitos à exposição ocupacional devido à execução de atividades em áreas supervisionadas ou em áreas controladas devem ser classificados como IOE.

Art. 58. Os IOEs não podem ter idade inferior a 18 anos.

Art. 59. Os titulares e empregadores poderão permitir o acesso de estudantes com idade de 16 e 17 anos, em áreas supervisionadas e controladas para fins de treinamento ou estágio, desde que sob supervisão e que sejam aplicados os requisitos de exposição para indivíduos do público.

Art. 60. Os trabalhadores que desempenham suas atividades em áreas livres, não estando sujeitos à exposição ocupacional, devem ser classificados, quanto aos requisitos de radioproteção e segurança radiológica desta Norma, como indivíduos do público.

Parágrafo Único. Os trabalhadores que de forma esporádica tenham que acessar áreas supervisionadas ou controladas para executar atividades não relacionadas à exposição ocupacional, devem ser classificados, quanto aos requisitos de radioproteção e segurança radiológica desta Norma, como indivíduos do público.

Art. 61. Quanto à exposição ocupacional em instalações e atividades, os titulares e empregadores devem garantir:

I - o estabelecimento, de um programa de monitoração radiológica ocupacional e o cálculo das doses dos IOEs conforme especificado no Anexo E;

II - a otimização da radioproteção, de forma que as exposições ocupacionais sejam tão baixas quanto exequíveis e o uso de recursos seja racionalmente justificável, de acordo com os requisitos desta Norma;

III - a observância dos limites de dose estabelecidos para os IOEs;

IV - a classificação radiológica das áreas conforme especificado no Anexo F;

V - a observância dos níveis de contaminação de superfície estabelecidos na Tabela G-I do Anexo G;

VI - que as decisões relativas às medidas de radioproteção e segurança radiológica sejam registradas e disponibilizadas aos IOEs ou seus representantes legais;

VII - o estabelecimento de políticas, procedimentos e arranjos organizacionais para radioproteção e segurança radiológica, com prioridade para medidas técnicas e de projeto;

VIII - a disponibilização de instalações, equipamentos e serviços para radioproteção e segurança radiológica dos IOEs, dimensionados de acordo com a probabilidade e magnitude das exposições ocupacionais esperadas;

IX - o acompanhamento da saúde ocupacional dos IOEs;

X - a realização de testes operacionais, calibrações e manutenções nos equipamentos de monitoração, de acordo com norma específica ou especificação do fabricante, a critério da CNEN;

XI - o treinamento dos IOEs em radioproteção e segurança radiológica, além de reciclagem periódica definida em normas específicas da CNEN;

XII - a manutenção dos registros ocupacionais; e

XIII - as condições necessárias para a promoção da cultura de segurança.

Art. 62. Os titulares e empregadores devem registrar qualquer relato recebido de um IOE, que identifique alguma situação que possa afetar a conformidade com os requisitos desta Norma, e adotar as medidas de mitigação necessárias.

Art. 63. O cumprimento dos requisitos desta Norma não exime titulares e empregadores de estarem em conformidade com os demais regulamentos de órgãos nacionais, estaduais ou municipais, relativos à segurança e saúde do trabalhador.

Art. 64. Os titulares, ao terceirizarem serviços que envolvam a exposição de IOE a uma fonte sob sua responsabilidade, devem:

I - assegurar que o empregador esteja ciente de suas responsabilidades em relação a esses IOEs, conforme estabelecido nesta Norma;

II - assegurar ao empregador desses IOEs que a instalação ou atividade atende aos requisitos de radioproteção e segurança radiológica desta Norma; e

III - prestar toda informação disponível, com relação à conformidade a esta Norma, que o empregador venha a requerer antes, durante ou após a contratação de tais serviços.

Art. 65. Como condição prévia ao trabalho dos IOEs terceirizados, os titulares devem obter dos empregadores o histórico de exposição ocupacional prévio e o Atestado de Saúde Ocupacional.

Art. 66. Quando o empregador não é o próprio titular, devem ser estabelecidas formalmente as responsabilidades e interfaces, de tal forma que todos os requisitos desta Norma sejam cumpridos.

Art. 67. Os empregadores que também exerçam o papel de titular devem acumular as responsabilidades de empregador e de titular.

Art. 68. São obrigações e deveres dos IOEs com relação à radioproteção e segurança radiológica em instalações e atividades:

I - seguir as regras e procedimentos aplicáveis, conforme especificado pelo titular ou empregador;

II - utilizar corretamente os equipamentos de monitoração e de proteção individual fornecidos;

III - cooperar com o titular ou empregador quanto ao cumprimento dos requisitos de radioproteção e segurança radiológica, de programas de radioproteção ocupacional e de programas de saúde ocupacional;

IV - fornecer ao titular ou empregador informações sobre o trabalho, passado e presente, que possam ter relevância para a garantia da eficácia da radioproteção e segurança radiológica;

V - abster-se de qualquer ação intencional que possa colocar a si ou a terceiros em situações que contrariem os requisitos desta Norma;

VI - seguir informações, instruções e treinamentos relacionados à radioproteção e segurança radiológica, com o objetivo de cumprir os requisitos desta Norma; e

VII - relatar ao titular ou empregador qualquer situação identificada que possa afetar adversamente a radioproteção e segurança radiológica.

Subseção I

Registros Ocupacionais

Art. 69. Os titulares devem manter registros de exposição para cada IOE, incluindo informações sobre:

I - a natureza geral do trabalho;

II - as doses devido às exposições interna e externa, quando iguais ou superiores aos níveis de registro estabelecidos; e

III - os dados e modelos utilizados para as avaliações de dose.

Art. 70. Quando um IOE estiver envolvido em atividades que levem, ou possam levar, à exposição a uma fonte que não esteja sob o controle do seu empregador, o titular responsável pela fonte deve garantir a adequada execução dos requisitos de radioproteção e segurança radiológica aplicáveis durante o período de realização dessas atividades.

Parágrafo único. Os empregadores devem manter os registros de dose desses IOEs atualizados.

Art. 71. Os titulares devem disponibilizar aos IOEs acesso aos seus registros de dose e fornecer-lhe o histórico de dose, quando solicitado.

Art. 72. Os registros da exposição ocupacional de cada IOE devem ser mantidos durante e após a sua vida ativa, pelo menos até que o indivíduo atinja ou tenha atingido a idade de 75 anos, e por não menos que 30

anos após cessado o trabalho em que o IOE foi sujeito à exposição ocupacional.

Parágrafo único. Para os casos em que as atividades envolvendo exposição dos IOEs cessem, os titulares devem providenciar meios para a guarda dos registros de doses anuais dos IOEs pela própria empresa ou em um órgão de registro oficial e comunicar esse fato à CNEN.

Seção V

Exposição do Público

Art. 73. Os titulares ao aplicarem o princípio da otimização da radioproteção, em todas as fases do ciclo de vida da instalação ou atividade, devem levar em consideração:

- I - possíveis alterações em quaisquer condições que possam afetar a exposição do público;
- II - boas práticas na operação de fontes similares ou na condução de atividades semelhantes;
- III - possível aumento e acúmulo de substâncias radioativas no meio-ambiente provenientes de liberações de efluentes radioativos durante a vida útil da fonte;
- IV - incertezas na avaliação das doses; e
- V - a revisão do processo de otimização deve ser realizada em prazo inferior a 10 anos, conforme estabelecido em normas específicas, levando-se em conta os fatores mencionados no art. 46.

Art. 74. Em relação às fontes sob sua responsabilidade, os titulares devem estabelecer, executar e manter medidas para:

- I - assegurar a otimização da radioproteção para indivíduos do público cuja exposição seja atribuível a tais fontes, considerando as restrições de dose para a pessoa representativa ou para o grupo crítico;
- II - garantir a segurança dessas fontes, adotando todas as medidas necessárias para prevenir falhas e erros que possam resultar em exposição acidental do público, ou para minimizar as suas consequências;
- III - prover os recursos humanos e materiais adequados e suficientes para a radioproteção e segurança radiológica dos membros do público, proporcional à probabilidade e magnitude das exposições;
- IV - avaliar a exposição do público incluindo, quando aplicável, programa de monitoração radiológica ambiental e seus registros; e
- V - garantir resposta adequada a situações de exposição de emergências nucleares ou radiológicas que possam envolver exposição do público, abrangendo planos ou procedimentos de emergência em consonância com a natureza e a intensidade do risco envolvido.

Art. 75. Os titulares devem assegurar que as medidas de otimização sejam também apropriadas para restringir a exposição em áreas de acesso público das instalações e atividades sob sua responsabilidade.

Art. 76. Os titulares devem assegurar que os materiais radioativos provenientes de instalações e atividades sob sua responsabilidade não sejam liberados no meio ambiente, a menos que tais liberações estejam autorizadas pela CNEN.

Art. 77. Com relação às liberações de efluentes radioativos os titulares devem:

- I - manter otimizada a radioproteção, garantindo que todas as liberações de efluentes radioativos respeitem os níveis de restrição de dose autorizados, considerando a exposição da pessoa representativa ou dos grupos críticos;
- II - estabelecer os níveis operacionais para liberação de efluentes radioativos e submetê-los à CNEN para aprovação;
- III - monitorar as liberações de efluentes radioativos para demonstrar o atendimento aos níveis operacionais de liberação;
- IV - monitorar, quando justificável, as vias de exposição da pessoa representativa ou do grupo crítico, decorrentes das liberações de efluentes radioativos para o meio ambiente;
- V - registrar e manter os resultados dessas monitorações, incluindo as estimativas de dose, e emitir os relatórios de monitoração para avaliação da CNEN; e
- VI - comunicar imediatamente à CNEN qualquer liberação que exceda o valor da restrição de dose na pessoa representativa ou no grupo crítico ou o limite de dose anual do indivíduo do público.

Art. 78. Com relação aos rejeitos radioativos os titulares devem:

- I - assegurar que qualquer rejeito radioativo gerado seja mantido ao mínimo praticável em termos de atividade e volume;
- II - assegurar que os rejeitos radioativos sejam gerenciados de acordo com os requisitos desta Norma e os requisitos de outras normas aplicáveis da CNEN;
- III - garantir que haja a segregação de rejeitos radioativos de diferentes tipos, quando justificável, de acordo com as suas características, considerando as opções disponíveis para seu armazenamento e deposição;
- IV - assegurar que as atividades para o gerenciamento da pré-deposição e para a deposição de rejeitos radioativos sejam conduzidas de acordo com os requisitos das normas da CNEN;
- V - manter um inventário de todos os rejeitos radioativos gerados, armazenados, transferidos ou depositados; e
- VI - desenvolver e executar uma estratégia para a gestão de rejeitos radioativos.

Art. 79. Os titulares devem rever e ajustar as suas medidas de controle da liberação de efluentes líquidos e gasosos, para as instalações e atividades sob sua responsabilidade, sempre que houver mudança nas condições de liberação, vias de exposição ou nas características da pessoa representativa ou na composição do grupo crítico, que possam afetar a estimativa da dose decorrente.

Parágrafo único. Qualquer modificação que afete a estimativa da dose deve ser aprovada pela CNEN.

Art. 80. Os titulares devem comunicar imediatamente à CNEN qualquer aumento significativo de campos de radiação ou de contaminação radioativa no meio ambiente, que possa ser atribuído às liberações de efluentes radioativos provenientes das instalações e atividades sob sua responsabilidade.

Art. 81. Os titulares devem disponibilizar os resultados de programas de monitoração de fontes e ambiental, bem como as avaliações das doses no público, conforme o processo de licenciamento, autorização e controle.

Subseção I

Programa de Monitoração Radiológica Ambiental – PMRA

Art. 82. Os titulares devem estabelecer, executar e manter um programa de monitoração ambiental para garantir que a exposição do público, devido a fontes sob sua responsabilidade, seja avaliada de forma a demonstrar a conformidade com esta Norma.

Art. 83. O programa de monitoração ambiental deve ser:

- I - submetido para aprovação da CNEN;
- II - dimensionado considerando a natureza e a intensidade das exposições normais e potenciais previstas; e
- III - supervisionado pelo supervisor de radioproteção.

Art. 84. O programa, conforme aplicável, deve incluir a monitoração de:

- I - liberações de efluentes;
- II - kerma no ar no meio ambiente;
- III - concentração de atividade de radionuclídeos no meio ambiente; e
- IV - outros parâmetros importantes para a avaliação da exposição do público.

Parágrafo único. Dependendo da natureza e da intensidade das exposições normais e potenciais previstas, o titular de uma instalação ou atividade poderá ser isento de estabelecer, executar e manter um PMRA, conforme normas específicas.

Art. 85. Os titulares devem reportar anualmente à CNEN, por meio de relatório, os resultados do programa de monitoração ambiental, incluindo, conforme necessário:

- I - a composição e concentração de atividade das liberações de efluentes;
- II - as taxas de kerma no ar nos limites da área de propriedade da instalação e em instalações abertas ao público;
- III - os resultados da monitoração ambiental;

IV - as avaliações retrospectivas de doses para a pessoa representativa ou grupo crítico; e

V - a análise crítica dos resultados.

Parágrafo único. A CNEN pode estabelecer, conforme necessário, outras frequências de envio do relatório.

Art. 86. Os titulares devem manter capacidade para conduzir monitorações adicionais nos níveis de radiação e das concentrações de radionuclídeos no meio ambiente devido a um acidente ou outro evento incomum atribuído à fonte de radiação ou instalação sob sua responsabilidade.

Art. 87. O Programa de Monitoração Radiológica Ambiental deve ser conduzido durante os estágios do processo de licenciamento ou de autorização pela CNEN, conforme o Anexo H.

§ 1º Na fase pré-operacional, no momento em que um pedido de licença ou autorização é apresentado, o titular ou requerente deve ter conduzido um programa de monitoração pré-operacional para fornecer dados ambientais básicos sobre as características do local.

I - o titular (ou requerente) deve obter informações sobre a ecologia, meteorologia, hidrologia, geologia, geoquímica e sismologia do local; e

II - para as características sujeitas à variação sazonal, os dados devem cobrir um período de pelo menos 24 (vinte e quatro) meses.

§ 2º Na fase operacional o titular deve manter um programa de monitoração ambiental, incluindo medições e observações que forneçam dados para:

I - avaliar os impactos potenciais à pessoa representativa ou grupos críticos e ao meio ambiente; e

II - permitir a estimativa de impactos de longo prazo e a necessidade de medidas mitigadoras.

§ 3º Na fase pós-operacional, incluindo o descomissionamento da instalação, o titular ou responsável deve manter um sistema de monitoração, com base no histórico operacional e nas atividades de descomissionamento, que seja capaz de prever liberações de radionuclídeos antes que a contaminação atinja o meio ambiente. No caso de mineração de urânio a fase de encerramento deve considerar os cenários de futura utilização da área o valor de referência de 300 Bq/m³ para o controle do radônio em ambientes fechados.

Art. 88. Todas as fases do Programa de Monitoração Radiológica Ambiental devem estar submetidas a um Programa de Gestão da Qualidade consistente com as normas da CNEN.

Seção VI

Exposição Médica

Art. 89. As exposições médicas devem ser justificadas em três níveis:

I - na consideração de que os benefícios previstos no diagnóstico ou terapia superem os riscos;

II - na avaliação por órgãos de classe e autoridades de saúde de que os benefícios produzidos em um procedimento específico são maiores do que aqueles produzidos por técnicas alternativas que não utilizam radiações ionizantes;

III - na aplicação de um determinado procedimento radiológico a um indivíduo específico, devem ser consideradas as características individuais, clínicas e o histórico dos procedimentos radiológicos.

Art. 90. Os titulares, os médicos especialistas e os físicos médicos devem garantir que a radioproteção em cada exposição médica seja otimizada.

Art. 91. Os titulares devem coordenar ações para que:

I - sejam adotadas as medidas administrativas necessárias para que exposições médicas com fontes sob sua responsabilidade, para fins de diagnóstico ou terapia de pacientes, em medicina nuclear ou radioterapia, sejam realizadas apenas sob prescrição de médico especialista;

II - esteja disponível na instalação equipe de saúde legalmente reconhecida e habilitada para uso de fontes radioativas, além de IOE treinado por supervisor de radioproteção habilitado pela CNEN na respectiva área de atuação da instalação;

III - esteja disponível na instalação, equipe de saúde com quantidade de profissionais de acordo com o exigido em normas específicas;

IV - a dosimetria das fontes de radiação, a dosimetria clínica, dosimetria in vivo e os testes de controle da qualidade sejam executados ou supervisionados por físicos médicos especialistas, com qualificação reconhecida pela CNEN;

V - esteja disponível na instalação médico especialista quando da execução de procedimentos de dosimetria “in vivo”;

VI - a calibração de instrumentos utilizados para medições das atividades de fontes e para dosimetria de feixes empregados em exposições médicas seja realizada por laboratório de calibração autorizado pela CNEN, em conformidade com os requisitos de norma específica, e acreditados pelo INMETRO ou por organismos membros do *ILAC “International Laboratory Accreditation Co-Operation”*;

VII - seja implementado um programa de gestão da qualidade para exposições médicas;

VIII - seja restrita, conforme especificada nesta Norma, a exposição de acompanhantes voluntários que assistam pacientes submetidos a um procedimento diagnóstico ou terapêutico; e

IX - seja restrita, conforme especificada nesta Norma, a exposição de voluntários em pesquisas biomédicas.

Art. 92. Os titulares, em cooperação com os fornecedores, devem garantir que o equipamento radiológico médico e programas ou códigos computacionais que poderiam influenciar na entrega da exposição médica sejam utilizados apenas se estiverem em conformidade com os requisitos de normas aplicáveis da IEC “*International Electrotechnical Commission*” ou de acordo com normas nacionais equivalentes.

Art. 93. Os profissionais, definidos como IOE, de instalações e atividades que tem como campo de aplicação as exposições médicas, devem informar imediatamente ao titular qualquer deficiência ou necessidade relativa ao cumprimento desta Norma, no que se refere à radioproteção e segurança radiológica dos pacientes.

Art. 94. Os titulares devem garantir que nenhuma pessoa seja submetida a uma exposição médica na condição de acompanhante, a menos que:

I - seja voluntário e que tenha recebido informação pertinente sobre os riscos radiológicos envolvidos e os tenha compreendido;

II - seja fornecido equipamento de proteção individual para todos os casos pertinentes.

Art. 95. Os titulares devem garantir que nenhuma pessoa seja submetida a uma exposição médica na condição de participante de pesquisa biomédica, a menos que tenha recebido informação pertinente sobre os riscos radiológicos envolvidos e os tenha compreendido, e a pesquisa tenha sido aprovada por um comitê de ética.

Art. 96. Os titulares devem ainda:

I - identificar possíveis falhas de equipamento e erros humanos que possam resultar em exposições médicas acidentais;

II - adotar todas as medidas necessárias para prevenir as falhas e os erros, ou minimizar as suas consequências, incluindo a seleção de procedimentos, considerando os aspectos de radioproteção e segurança radiológica;

III - garantir a execução de procedimentos que permitam o conhecimento prévio da condição de grávida, possivelmente grávida, ou lactante de pacientes que serão submetidas a uma exposição médica;

IV - assegurar a existência de sinalização em locais de circulação livre, alertando sobre a necessidade da paciente informar a condição prevista no Inciso III.

Art. 97. Fornecedores de equipamentos geradores de radiação e de fontes radioativas têm responsabilidades em relação à segurança radiológica do seu projeto e fabricação do equipamento e, ainda, pelas instruções de operação para uso seguro.

Art. 98. Com relação a exposições médicas acidentais, os titulares devem:

I - investigar imediatamente ao ser identificada, e produzir relatório de investigação para exposições médicas diferentes daquelas planejadas, quando:

- a) ocorrer qualquer tratamento médico administrado ao indivíduo errado ou ao tecido ou órgão errado do paciente, ou usando o radiofármaco errado, ou com uma atividade, uma dose ou fracionamento de dose diferente (acima ou abaixo) dos valores prescritos, ou que poderia levar a efeitos secundários graves;
- b) ocorrer qualquer procedimento de diagnóstico em que a exposição seja diferente da planejada, no indivíduo errado ou no tecido ou órgão errado do paciente que seja submetido à exposição;
- c) ocorrer exposição inadvertida do embrião ou feto durante a realização de um procedimento radiológico;
- d) ocorrer qualquer falha ou erro, acidental ou não, de equipamento, de software ou sistema ou outra ocorrência incomum com o potencial de submeter o paciente a uma exposição médica substancialmente diferente da pretendida;

II - notificar a CNEN, após identificada a ocorrência, por meio de relatório de investigação que esclareça as causas do acidente, as doses absorvidas e sua distribuição no paciente, as providências tomadas, as medidas para prevenir a recorrência de tais acidentes e implementar aquelas sob sua responsabilidade em prazo estabelecido em normas específicas; e

III - informar por escrito sobre o acidente ao paciente e ao médico solicitante do procedimento.

Art. 99. No processo de otimização das exposições médicas para fins de diagnóstico, os titulares devem considerar os níveis de referência de diagnóstico estabelecidos com base em boas práticas médicas e de radioproteção.

Seção VII

Controle de Visitantes

Art. 100. Com relação ao controle de visitantes os titulares devem:

I - aplicar os requisitos de exposição do público desta Norma aos visitantes de uma área controlada ou supervisionada;

II - assegurar que visitantes sejam acompanhados, em qualquer área controlada, por uma pessoa com conhecimentos sobre as medidas de radioproteção e segurança radiológica para aquela área;

III - assegurar que visitantes menores de 18 anos não tenham acesso às áreas controladas ou supervisionadas;

IV - fornecer informações e instruções aos visitantes antes de entrarem em uma área controlada ou supervisionada; e

V - assegurar o controle radiológico de visitantes na entrada em uma área controlada ou supervisionada.

CAPÍTULO VI

SITUAÇÕES DE EXPOSIÇÃO DE EMERGÊNCIA

Art. 101. Em uma situação de exposição de emergência nuclear ou radiológica, resultante de um acidente, ato malicioso ou qualquer outro evento inesperado, devem ser adotadas ações protetoras e de mitigação, com o propósito de:

I - recuperar o controle da situação e mitigar consequências;

II - salvar vidas;

III - evitar efeitos determinísticos;

IV - reduzir o risco de efeitos estocásticos;

V - prestar primeiros socorros, fornecer tratamento médico e gerenciar os tratamentos de lesões por radiação;

VI - manter o público informado e a confiança do público nas ações de resposta;

VII - mitigar as consequências não radiológicas;

VIII - proteger a propriedade e o meio ambiente; e

IX - preparar-se para a retomada da atividade normal, social e econômica.

Art. 102. As ações protetoras devem ser estabelecidas em sua forma, extensão e duração, de modo que produzam o máximo benefício líquido, após processo de otimização, considerando as condições sociais e econômicas.

Art. 103. No planejamento de qualquer ação protetora devem ser observados os níveis de referência de dose efetiva de 20 a 100 mSv, aguda ou anual, para proteger os indivíduos do público.

Parágrafo único. As ações protetoras são sempre justificadas se a dose efetiva projetada ou medida for maior que os níveis de referência.

Art. 104. Devem ser utilizados os critérios genéricos para ações protetoras e mitigadoras específicas, expressas em termos de dose projetada ou de dose recebida, conforme estabelecidos nas Tabelas I-I, I-II(a), I-II(b) e I-II(c) do Anexo I.

Art. 105. Devem ser executadas ações protetoras, individualmente ou em combinação, se os critérios genéricos para projeção de dose ou dose recebida forem excedidos.

Parágrafo único. Os níveis de intervenção operacional (NIO) para implementação dessas ações protetoras são estabelecidos no anexo M.

Art. 106. Os níveis de intervenção pré-estabelecidos para cada ação protetora devem ser reavaliados, no momento de sua execução, em função das condições existentes, para que sejam justificados e otimizados.

Art. 107. No planejamento de todas as ações protetoras deve ser estabelecido um valor final de dose residual, dentro do intervalo dos níveis de referência, que inclua contribuições de todas as vias de exposição, considerando os objetivos e prazos específicos relacionados com a transição da situação de exposição de emergência para a situação de exposição existente.

Art. 108. A estratégia de proteção deve levar em consideração rejeitos e efluentes radioativos que possam resultar da adoção de ações protetoras e mitigadoras.

Parágrafo único. Os rejeitos e efluentes radioativos decorrentes de ações em uma emergência devem ser identificados, caracterizados e categorizados em tempo útil e devem ser gerenciados de maneira que não comprometam a estratégia de proteção.

Art. 109. As ações protetoras e mitigadoras em caso de emergências devem ser avaliadas e agrupadas de acordo com a categorização das instalações.

Parágrafo único. Deve ser adotada uma abordagem gradativa para o desenvolvimento de arranjos justificados e otimizados para preparação e resposta a uma emergência, de acordo com a categorização das instalações, conforme apresentado no Anexo J.

Art. 110. Devem ser executadas prontamente ações protetoras urgentes, considerando a Tabela I-I do Anexo I, para evitar efeitos determinísticos, com base nas condições observadas e antes que qualquer exposição ocorra.

Art. 111. Devem ser executadas as ações protetoras urgentes preventivas e iniciais para reduzir o risco de efeitos estocásticos, tendo em conta as Tabelas I-II(a), I-II(b) e I-II(c) do Anexo I.

Art. 112. Durante uma situação de resposta à emergência a justificativa da intervenção, os níveis de intervenção operacional e os níveis de ação pré-estabelecidos devem considerar, conforme Anexo I:

I - os fatores característicos da situação real, tais como a natureza da liberação, as condições meteorológicas e outros fatores não radiológicos relevantes;

II - antecipadamente, quaisquer mudanças nas instalações ou atividades que afetem a avaliação das situações de perigo existentes; e

III - novas informações disponíveis que forneçam avaliações sobre a adequação das ações existentes.

Art. 113. No caso de exposições ocupacionais recebidas por trabalhadores de emergência no curso de uma ação de resposta à emergência, devem ser cumpridos os seguintes requisitos:

I - nenhum membro das equipes deve ser exposto a uma dose efetiva superior a 50 mSv, exceto com a finalidade de:

a) salvar vidas ou prevenir danos sérios à saúde;

- b) executar ações que evitem dose coletiva elevada; ou
- c) executar ações para prevenir efeitos determinísticos severos e o desenvolvimento de situações catastróficas;

II - para as finalidades especificadas no Inciso I deste artigo, devem ser sempre observados os limiares relacionados aos efeitos determinísticos, conforme Tabela I-III do Anexo I; e

III - somente voluntários podem executar ações nas quais a dose efetiva possa exceder 50 mSv. Os voluntários devem ser informados de forma clara, com antecedência, sobre os riscos à saúde e as medidas disponíveis para proteção e segurança, e devem ser treinados para as ações que possam ser necessárias.

Art. 114. Os titulares e os responsáveis pelas organizações envolvidas na intervenção devem fornecer radioproteção e segurança radiológica apropriada aos membros das equipes, avaliar e registrar as doses recebidas e, quando a intervenção terminar, fornecer às partes interessadas os históricos das doses recebidas.

Art. 115. As doses recebidas em situação de exposição de emergência não impedem exposições ocupacionais posteriores, uma vez que estas não devem ser contabilizadas para fins de conformidade com os limites de dose para trabalhadores para situações de exposição planejada.

Parágrafo único. No caso do trabalhador ter recebido, em situação de exposição de emergência, uma dose efetiva superior a 100 mSv ou dose absorvida superior ao limiar de efeitos determinísticos, o titular ou empregador deve solicitar uma avaliação de um médico qualificado.

Art. 116. As partes principais devem garantir os meios adequados para informar prontamente a CNEN sobre a:

- I - avaliação prévia da extensão e significância de qualquer liberação acidental de materiais radioativos para o meio ambiente;
- II - evolução da situação; e
- III - necessidade de ações protetoras.

Art. 117. Os titulares devem notificar imediatamente a CNEN quando ocorrer uma situação que requeira intervenção, mantendo-a informada sobre:

- I - a situação, a evolução e a previsão de desenvolvimento;
- II - as medidas tomadas para a radioproteção e segurança radiológica dos IOEs e dos indivíduos do público; e
- III - as exposições ocorridas e as previstas.

Art. 118. Devem ser adotadas as medidas necessárias para permitir a avaliação das exposições recebidas por indivíduos do público, como consequência de uma situação de exposição de emergência, e para disponibilização desses resultados ao público.

Art. 119. Uma ação protetora deve ser interrompida quando a avaliação mostrar que a continuidade da ação não é mais justificada.

Art. 120. Os responsáveis pela resposta à emergência devem manter registros de todas as avaliações, bem como dos resultados de monitoração das equipes de intervenção, dos indivíduos do público e do meio ambiente.

Art. 121. Terminada a emergência, a exposição residual deve ser reduzida de acordo com os requisitos de uma situação de exposição existente.

CAPÍTULO VII

SITUAÇÃO DE EXPOSIÇÃO EXISTENTE

Seção I

Campo de Aplicação

Art. 122. As situações de exposição existente para as quais esta Norma se aplica incluem:

I - exposição devido à contaminação de áreas por material radioativo residual derivado de:

- a) atividades anteriores que nunca estiveram sujeitas ao controle regulatório;
- b) atividades que foram reguladas em um marco regulatório anterior do vigente e requerem uma reavaliação; e
- c) emergência radiológica ou nuclear, após a emergência ter sido declarada encerrada;

II - exposição devido a commodities que contenham radionuclídeos naturais ou artificiais derivados de material radioativo residual, incluindo alimentos, rações, água potável, fertilizantes e materiais de construção;

III - exposição nas instalações e atividades que processam materiais contendo radionuclídeos naturais, tais como indústria de mineração e beneficiamento, instalações para exploração e produção de óleo e gás, nos quais a concentração de atividade de qualquer radionuclídeo da cadeia de decaimento do urânio ou do tório exceda a 1 Bq/g e a concentração de atividade de ^{40}K exceda a 10 Bq/g; e

IV - exposição devido a fontes naturais, incluindo:

- a) radônio (^{222}Rn e ^{220}Rn) e seus produtos de decaimento, em residências e locais de trabalho cuja origem do radônio não seja oriunda de uma situação de exposição planejada, mas que a radioatividade no solo e no material de construção o exija;
- b) radionuclídeos de origem natural presentes em commodities como, alimentos, rações, água potável, fertilizantes agrícolas, corretivos de solo e materiais de construção; e
- c) exposição da tripulação de aeronaves ou naves espaciais à radiação cósmica.

Seção II

Requisitos Gerais

Art. 123. A CNEN identificará as situações de exposição existentes relevantes do ponto de vista da proteção radiológica, atribuindo responsabilidades pela radioproteção e segurança radiológica incluindo o estabelecimento de níveis de referência.

§ 1º O nível de referência não deve ser considerado como um limite, mas como um valor de referência para o processo de otimização.

§ 2º As ações remediadoras e protetoras devem ser justificadas e a radioproteção otimizada.

Art. 124. As estratégias de remediação e proteção estabelecidas para uma situação de exposição existente devem levar em consideração:

- I - os objetivos a serem alcançados por meio da estratégia de proteção;
- II - os níveis de referência adequados, conforme estabelecido no Anexo K;
- III - que as exposições devido ao radônio devem ser controladas separadamente da exposição aos demais radionuclídeos;
- IV - a avaliação das ações de remediação e proteção disponíveis para atingir os objetivos, considerando a efetividade das ações planejadas e implementadas, e os riscos radiológicos consequentes;
- V - ações de comunicação ao público sobre os riscos potenciais à saúde e os meios disponíveis para reduzir suas exposições e riscos associados.

Parágrafo único. A remediação e proteção para o gerenciamento das situações de exposição existentes devem ser proporcionais aos riscos radiológicos associados à situação de exposição existente; e os benefícios esperados das medidas corretivas ou de proteção devem ser suficientes para compensar o prejuízo associado à adoção de tais medidas, incluindo o prejuízo na forma de riscos radiológicos.

Seção III

Exposição do Público

Art. 125. As pessoas físicas ou jurídicas responsáveis pela gestão das ações quer de controle quer de remediação, em uma situação de exposição existente, devem aplicar os requisitos de radioproteção e segurança radiológica relativos à exposição do público em qualquer situação de exposição especificada na Seção I (Campo de Aplicação) deste Capítulo.

Parágrafo único. Os níveis de referência aplicáveis à situação de exposição existente devem ser expressos como uma dose efetiva anual para a pessoa representativa (ou grupo crítico) na faixa de 1 a 20 mSv, dependendo da situação que originou a exposição, conforme especificado no Anexo K. Dependendo do tipo de situação de exposição, devem ser adotadas medidas de radioproteção e segurança radiológica que incluam ações de controle da fonte e/ou remediação.

Subseção I

Ações de remediação

Art. 126. As ações de remediação devem ser justificadas e otimizadas, sendo implementadas por meio de:

I - remoção da fonte ou redução da sua magnitude em termos de atividade ou quantidade; ou

II - alteração do uso da área remediada, com modificação das vias de exposição.

Parágrafo único. As ações de remediação não necessariamente implicam na remoção de toda a radioatividade ou a restauração das condições anteriores encontradas na área remediada.

Art. 127. As ações de remediação devem garantir que a forma, a escala e a duração de tais ações sejam otimizadas em conjunto com as partes interessadas.

§ 1º Prioridade deve ser dada aos grupos da população para os quais a dose exceda o nível de referência.

§ 2º Todas as medidas devem ser tomadas para evitar que as doses permaneçam acima dos níveis de referência.

§ 3º O valor da radiação de fundo da região deve ser considerado durante o processo de otimização e, se necessário, descontado do valor de referência.

Art. 128. Os cenários de exposição devem ser revistos periodicamente para garantir que os níveis de referência aplicados permaneçam adequados às circunstâncias prevalentes.

Subseção II

Remediação de áreas com material radioativo residual

Art. 129. As pessoas físicas ou jurídicas responsáveis pela remediação de áreas com material radioativo residual devem, conforme necessário:

I - notificar a CNEN sobre os responsáveis pela contaminação das áreas e os responsáveis pelo programa de remediação, incluindo o seu financiamento;

II - no caso em que as pessoas físicas ou jurídicas não estejam mais presentes ou sejam incapazes de atender às suas responsabilidades, fontes alternativas de financiamento devem ser estabelecidas pelas autoridades governamentais;

III - designar as pessoas físicas ou jurídicas responsáveis pelo planejamento, implementação e verificação dos resultados das ações de remediação;

IV - estabelecer e revisar continuamente quaisquer restrições ao uso ou acesso às áreas antes, durante e, se necessário, após a remediação; e

V - manter um sistema apropriado para registro de dados que cubram:

a) a natureza e a extensão da contaminação;

b) as decisões tomadas antes, durante e após a remediação;

c) as informações sobre a verificação dos resultados das ações de remediação, incluindo os resultados de todos os programas de monitoração após a conclusão das ações remediadoras; e

d) estabelecer e implementar uma estratégia para a gestão de rejeitos radioativos decorrentes das ações de remediação, justa e justificável no uso de recursos da sociedade.

Art. 130. As pessoas físicas ou jurídicas responsáveis pelo planejamento, execução e verificação das ações de remediação devem submeter à CNEN um plano de remediação, para aprovação:

§ 1º O plano de remediação deve ser otimizado levando em consideração:

I - os impactos radiológicos e não radiológicos, incluindo fatores técnicos, sociais e econômicos;

- II - a exposição ocupacional gerada na implementação das ações de remediação;
 - III - a exposição ocupacional e do público à radiação associada à gestão e deposição dos rejeitos gerados nesta fase; e,
 - IV - os custos de transporte e gestão de rejeitos radioativos.
- § 2º Qualquer modificação no plano de remediação deve ser aprovada pela CNEN.

Art. 131. As pessoas físicas ou jurídicas responsáveis pelo planejamento, execução e verificação das ações de remediação devem:

- I - estabelecer e implementar um programa de monitoração radiológica ambiental da área remediada;
- II - estabelecer um sistema de informação ao público onde as partes interessadas possam estar envolvidas nas diversas etapas da remediação, incluindo qualquer monitoração após a remediação;
- III - estabelecer um sistema para manutenção dos registros relativos à situação de exposição existente e para as ações tomadas para a radioproteção e segurança radiológica; e
- IV - reportar à CNEN quaisquer condições anormais relevantes para a proteção dos membros do público relacionados à área remediada.

Art. 132. As pessoas físicas ou jurídicas responsáveis pela execução das ações de remediação que envolvam a remoção de material radioativo, devem:

- I - garantir que as atividades, incluindo a gestão dos rejeitos radioativos decorrentes das ações de remediação, sejam conduzidas de acordo com o plano de remediação aprovado pela CNEN;
- II - monitorar a área regularmente durante as ações de remediação de modo a verificar os níveis de contaminação, a conformidade com os requisitos de gestão de rejeitos radioativos, além de possibilitar que níveis inesperados de radiação sejam detectados, permitindo que o plano de remediação seja revisado; e
- III - realizar um levantamento radiométrico após a conclusão das ações de remediação para demonstrar que o critério de liberação autorizado foi alcançado, conforme estabelecido no plano de remediação.

Art. 133. As pessoas físicas ou jurídicas responsáveis devem submeter o relatório final de remediação para aprovação da CNEN.

Art. 134. As pessoas físicas ou jurídicas responsáveis pelas medidas de controle pós-remediação devem estabelecer e manter, pelo tempo que for exigido pela CNEN, um programa de monitoração para áreas nas quais os controles são necessários após a remediação.

Parágrafo único. O programa de monitoração pós-remediação deve ser:

- I - capaz de verificar a efetividade a longo prazo das ações remediadoras; e
- II - aprovado pela CNEN.

Subseção III

Exposição do público em decorrência de indústrias que processam materiais contendo radionuclídeos de ocorrência natural

Art. 135. As pessoas físicas ou jurídicas devem submeter para avaliação da CNEN a caracterização radiológica da instalação ou atividade, o nível de referência de dose efetiva anual a ser adotado para o grupo crítico ou para a pessoa representativa (intervalo de referência de 1 a 5mSv/ano), conforme anexo K, incluindo a caracterização dos efluentes, dos resíduos e rejeitos, análise das vias de exposição e avaliação das doses. A exposição ao radônio deve ser controlada separadamente observando o valor de referência de 300 Bq/m³ para ambientes fechados.

§ 1º O processo de otimização da proteção, incluindo a seleção e implementação de ações de proteção, deve envolver as partes interessadas na tomada de decisão.

§ 2º O valor da radiação de fundo da região deve ser considerado durante o processo de otimização e, se necessário, descontado do valor de referência.

Art. 136. As pessoas físicas ou jurídicas responsáveis pelas instalações e atividades devem submeter requerimento para obtenção dos atos administrativos pertinentes, considerando o conceito de abordagem gradativa e normas aplicáveis da CNEN.

Parágrafo único. A CNEN determinará, de acordo com a abordagem gradativa, os requisitos para a instalação ou atividade, considerando desde a isenção até a aplicação dos requisitos regulatórios previstos para situação de exposição planejada.

Art. 137. As pessoas físicas ou jurídicas responsáveis pelas instalações ou atividades devem estabelecer e implementar, quando necessário, uma estratégia para gestão de rejeitos contendo radionuclídeos naturais.

Art. 138. Para a reutilização e a reciclagem de resíduos contendo material radioativo de ocorrência natural, as pessoas físicas ou jurídicas responsáveis pelas instalações e atividades devem submeter à CNEN avaliação radiológica, com base no cenário de utilização e considerando o valor da dose efetiva da ordem daquele adotado para isenção para radionuclídeos naturais (1 mSv/a), excluindo a contribuição do radônio. A exposição ao radônio deve ser controlada observando o valor de referência de 300 Bq/m³ para ambientes fechados.

Subseção IV

Exposição do público devido ao radônio em ambientes fechados

Art. 139. Em residências ou outras áreas com alto fator de ocupação como creches, hospitais e locais de trabalho deve ser adotado o nível de referência para concentração de radônio de 300 Bq/m³, conforme anexo K.

§ 1º As ações de redução das concentrações de atividade de radônio devem ser justificadas e otimizadas.

§ 2º As informações relevantes sobre a exposição ao radônio e os riscos associados para a saúde humana devem ser fornecidas ao público e a outras partes interessadas.

§ 3º Nos locais de trabalho em que não for possível reduzir as concentrações de radônio a valores inferiores a 1000 Bq/m³, devem ser aplicados os requisitos relevantes para exposição ocupacional em situação de exposição planejada.

Subseção V

Exposição do público devido a radionuclídeos em commodities (Produtos básicos)

Art. 140. O nível de referência de 1 mSv/ano para a pessoa representativa ou grupo crítico, conforme Anexo K, deve ser adotado para uma situação de exposição existente devido a radionuclídeos em commodities, como materiais de construção, alimentos e rações, e na água potável.

§ 1º O nível de referência estabelecido para a situação de exposição existente, devido a radionuclídeos em commodities, deve ser utilizado como diretriz de radioproteção por outros órgãos brasileiros com competências sobre a matéria.

§ 2º No caso de água potável, a CNEN recomenda que o órgão regulador controle os radionuclídeos na água usada para consumo utilizando, além do nível de referência de 1 mSv/ano, o nível de investigação de 0,1 mSv/ano, conforme metodologia descrita no anexo L.

Seção IV

Exposição de Trabalhadores

Art. 141. As pessoas físicas ou jurídicas responsáveis por lidar com situações de exposição existente são responsáveis pela radioproteção dos trabalhadores envolvidos e sujeitos à exposição à radiação ionizante.

Subseção I

Exposição de trabalhadores envolvidos na remediação de áreas com material radioativo residual

Art. 142. As pessoas físicas ou jurídicas responsáveis pela implantação de ações remediadoras ou protetoras, devem estabelecer uma estrutura de radioproteção que atenda aos mesmos requisitos estabelecidos para exposições ocupacionais em situação de exposição planejada.

Art. 143. Os trabalhadores envolvidos na implantação das ações remediadoras devem estar submetidos aos mesmos requisitos de radioproteção estabelecidos para os trabalhadores que atuam em situações de exposição planejada.

Subseção II

Exposição de trabalhadores em indústrias que processam materiais contendo radionuclídeos de ocorrência natural

Art. 144. As pessoas físicas ou jurídicas devem submeter para avaliação da CNEN a caracterização radiológica da instalação ou atividade, incluindo exposição ao radônio, de forma que sejam identificadas nas etapas de produção, as possíveis fontes e vias de exposição de trabalhadores aos radionuclídeos de ocorrência natural.

Art. 145. As pessoas físicas ou jurídicas devem aplicar uma abordagem gradativa de modo que os esforços e recursos despendidos na proteção, sejam proporcionais aos riscos radiológicos estimados.

Parágrafo único. A CNEN determinará, de acordo com a abordagem gradativa, os requisitos para a classificação da instalação, considerando desde a isenção até a aplicação de requisitos regulatórios previstos para situação de exposição planejada.

Subseção III

Exposição dos aeronautas à radiação cósmica

Art. 146. Os empregadores são responsáveis pelo controle da exposição ocupacional à radiação cósmica dos aeronautas que trabalham em voos com altitudes iguais ou superiores a 8.500 m (28.000 pés).

Art. 147. Para efetuar controle da exposição ocupacional dos aeronautas à radiação cósmica, os empregadores devem:

- I - estimar as doses efetivas anuais dos aeronautas, em função de suas rotas e número de horas de voo;
- II - manter um banco de dados com os registros das doses efetivas anuais estimadas;
- III - disponibilizar os registros das doses efetivas estimadas aos aeronautas;
- IV - manter os aeronautas informados sobre os riscos da exposição à radiação ionizante;
- V - informar as aeronautas sobre o risco para o embrião ou feto devido à exposição à radiação cósmica e sobre a necessidade de notificação imediata da gravidez.

§ 1º Para fim de composição do banco de dados, deverão ser registradas as doses efetivas anuais iguais ou superiores ao valor de 1mSv por ano de adicional de dose acima do valor médio de radiação de fundo na superfície terrestre.

§ 2º Quando uma aeronauta notificar gravidez, o empregador deve avaliar a necessidade de adaptação das condições de trabalho em relação à exposição à radiação, de forma a garantir que o embrião ou feto receba o mesmo nível de proteção exigido para membros do público.

Art. 148. O valor de 5 mSv para a dose efetiva anual está estabelecido nesta norma (anexo K), como nível de referência para avaliação da implantação de medidas radioproteção para otimizar a exposição de aeronautas à radiação cósmica.

CAPÍTULO VIII

DISPOSIÇÕES GERAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 149. Toda licença, autorização ou outro ato administrativo de natureza semelhante concedido pela CNEN poderá ser suspenso, modificado ou cassado, quando houver o descumprimento de requisitos regulatórios aplicáveis, ou poderá ser revogado por razões de conveniência e oportunidade no atendimento do interesse público.

Art. 150. Quaisquer omissões ou dúvidas de interpretação que possam surgir em relação às disposições desta Norma serão esclarecidas pela CNEN.

Art. 151. Esta Norma entra em vigor na data de sua publicação e produzirá efeitos imediatos, salvo para:
I - os dispositivos a seguir, no caso de instalação radiativas, que entrarão em vigor em 4 anos após a publicação no DOU:

- a) § 1º do art. 12;
- b) art. 14;
- c) inciso II do art. 20;
- d) seções I e II do Capítulo III;
- e) §§ 3º e 4º do art. 47;
- f) parágrafo único do art. 51;
- g) art. 65;
- h) art. 66;
- i) inciso V do art. 73;
- j) inciso IV do art. 74;
- k) incisos II, III, IV, V e VI do art. 77;
- l) art. 79;
- m) art. 81;
- n) art. 83;
- o) art. 87;
- p) incisos VIII e IX do art. 91;
- q) art. 94;
- r) art. 95;
- s) art. 99; e
- t) incisos VI, XI, XVI e XVII do art. 2º do Anexo D;

II - os dispositivos a seguir, que entrarão em vigor em 4 anos após a publicação no DOU:

- a) § 1º do art. 55;
- b) art. 139;
- c) art. 140;
- d) subseção III da Seção IV do Capítulo VII.

Art. 152. Esta norma tem caráter de norma geral, devendo ser interpretada sistematicamente de acordo com as demais normas regulatórias emitidas pela autarquia.

Art. 153. Os artigos desta Norma referentes a situações de exposição devido a instalações e atividades reguladas por outras autoridades regulatórias são estabelecidos como diretrizes de radioproteção e segurança radiológica.

Art. 154. Revogam-se as Posições Regulatórias:

- 3.01 / 001:2011 - Critérios de exclusão, isenção e dispensa de requisitos de proteção radiológica
- 3.01 / 002:2011 - Fatores de ponderação para as grandezas de proteção radiológica
- 3.01 / 003:2011 - Coeficientes de dose para indivíduos ocupacionalmente expostos
- 3.01 / 004:2011 - Restrição de dose, níveis de referência ocupacionais e classificação de áreas
- 3.01 / 005:2011 - Critérios de cálculo de dose efetiva a partir da monitoração individual
- 3.01 / 006:2011 - Medidas de proteção e critérios de intervenção em situações de emergência
- 3.01 / 007:2005 - Níveis de intervenção e de ação para exposição crônica
- 3.01 / 008:2011 - Programa de monitoração radiológica ambiental
- 3.01 / 009:2011 - Modelo para elaboração de relatórios de programa de monitoração radiológica ambiental
- 3.01 / 010:2011 - Níveis de dose para notificação à CNEN
- 3.01 / 011:2011 - Coeficientes de Dose para Exposição do Público
- 3.01 / 012:2020 - Níveis de Investigação e de Referência para Radioatividade em Água Potável.

ANEXO A
FATORES DE PONDERAÇÃO PARA GRANDEZAS DE PROTEÇÃO RADIOLOGICA

TABELA A-I - FATOR DE QUALIDADE (Q) EM FUNÇÃO DA TRANSFERÊNCIA LINEAR DE ENERGIA NÃO RESTRITA NA ÁGUA,

| L | |
|-------------------------------|----------------|
| L na água (em keV/ μ m) | $Q(L)$ |
| < 10 | 1 |
| 10–100 | $0,32L - 2,2$ |
| > 100 | $300/\sqrt{L}$ |

Fonte: ICRP, Publicação nº103, 2007

TABELA A-II - FATORES DE PESO DA RADIAÇÃO^a (w_R)

| Tipo e faixa de energia * | Fator de peso da radiação, w_R |
|---|---|
| Fótons, todas as energias | 1 |
| Elétrons e muons, todas as energias ^c | 1 |
| Prótons e Pions carregados | 2 |
| Partículas alfa, fragmentos de fissão, íons pesados | 20 |
| Neutrons: $E_n < 1$ MeV | $2,5 + 18,2 \times e^{-[\ln(E_n)]^2/6}$ |
| $1\text{MeV} \leq E_n \leq 50$ MeV | $5,0 + 17,0 \times e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}$ |
| $E_n > 50$ MeV | $2,5 + 3,25 \times e^{-[\ln(0,04E_n)]^2/6}$ |

Fonte: ICRP, Publicação nº103, 2007

*Todos os valores se relacionam à radiação incidente no corpo ou, para fontes internas, emitidos pelos radionuclídeos incorporados pela fonte.

TABELA A-III - FATORES DE PONDERAÇÃO DE ÓRGÃO OU TECIDO (w_T)

| Tecido ou Órgão | Número de tecidos | w_T (Valor para cada órgão) | Contribuição Total |
|---|-------------------|----------------------------------|--------------------|
| Gonadas ¹ | 1 | 0,08 | 0,08 |
| Pulmão, Estômago Colon ² , Medula Óssea e Mama, Restantes ³ | 6 | 0,12 | 0,72 |
| Tireoide, Esôfago, Bexiga e Fígado | 4 | 0,04 | 0,16 |
| Superfície óssea, pele, cérebro, glândulas salivares | 4 | 0,01 | 0,04 |

Fonte: ICRP, Publicação nº103 (2007)

1. O w_T para gônadas é aplicado à média das doses nos testículos e ovários.
2. A dose para o cólon é considerada a média ponderada da massa de doses ULI e LLI, como na formulação da Publicação 60.
3. Os tecidos restantes são: supra-renais, tecido extratorácico (ET), vesícula biliar, coração, rins, nódulos linfáticos, músculo, mucosa oral, pâncreas, próstata (p/homens), intestino delgado, baço, timo, útero / colo do útero (p/mulheres).

ANEXO B
CATEGORIZAÇÃO DE FONTES SELADAS UTILIZADAS EM INSTALAÇÕES RADIATIVAS

TABELA B-I – CATEGORIZAÇÃO DE FONTES RADIOATIVAS

| Categoria | Razão A/D* | Aplicações mais comuns |
|------------------|---|--|
| 1 | $A/D \geq 1000$ | Geradores Termoelétricos Radioativos Irradiadores de Grande Porte Irradiadores de sangue Teleterapia Teleterapia de múltiplas fontes (<i>gamma knife</i>) |
| 2 | $1000 > A/D \geq 10$ | Radiografia industrial (gamagrafia) Braquiterapia |
| 3 | $10 > A/D \geq 1$ | Medidores nucleares com fontes de alta atividade Perfilagem de poços |
| 4 | $1 > A/D \geq 0,01$ | Braquiterapia de baixas doses Medidores nucleares com fontes de média e baixa atividades Eliminadores de estática |
| 5 | $0,01 > A/D$ e $A > \text{nível de isenção}^{**}$ | Braquiterapia oftalmológica de baixas doses Implantes permanentes Equipamentos de fluorescência de Raios X Equipamentos de captura de elétrons Fontes de espectroscopia Mossbauer Fontes teste para Tomografia por Emissão de Pósitrons |

Fonte: IAEA, RS-G-1.9 (2005)

* Onde A é a Atividade da fonte e D é a atividade de uma fonte que, não estando sob controle, possa causar um efeito determinístico severo, conforme Tabela B-II. A fonte é definida como perigosa quando, uma vez fora de controle, tem capacidade de causar efeitos determinísticos severos àqueles a ela expostos.

** Os níveis de isenção são apresentados na tabela C-I do ANEXO C.

TABELA B-II – VALORES DE *D*

| Radionuclídeo | D (TBq) | Radionuclídeo | D (TBq) |
|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| Am-241 | 6×10^{-2} | Mo-99 | 3×10^{-1} |
| Am-241/Be | 6×10^{-2} | Ni-63 | 6×10^1 |
| Au-198 | 2×10^{-1} | P-32 | 1×10^1 |
| Cd-109 | 2×10^1 | Pd-103 | 9×10^1 |
| Cf-252 | 2×10^{-2} | Pm-147 | 4×10^1 |
| Cm-244 | 5×10^{-2} | Po-210 | 6×10^{-2} |
| Co-57 | 7×10^{-1} | Pu-238 | 6×10^{-2} |
| Co-60 | 3×10^{-2} | Pu-239/Be | 6×10^{-2} |
| Cs-137 | 1×10^{-1} | Ra-226 | 4×10^{-2} |
| Fe-55 | 8×10^2 | Ru-106 (Rh-106) | 3×10^{-1} |
| Gd-153 | 1×10^0 | Se-75 | 2×10^{-1} |
| Ge-68 | 7×10^{-2} | Sr-90 (Y-90) | 1×10^0 |
| H-3 | 2×10^3 | Tc-99m | 7×10^{-1} |
| I-125 | 2×10^{-1} | Tl-204 | 2×10^1 |
| I-131 | 2×10^{-1} | Tm-170 | 2×10^1 |
| Ir-192 | 8×10^{-2} | Yb-169 | 3×10^{-1} |
| Kr-85 | 3×10^1 | | |

ANEXO C

TABELA C-I – NÍVEIS DE ISENÇÃO DE QUANTIDADES ATÉ 1 TONELADA DE MATERIAL EM CONCENTRAÇÕES DE ATIVIDADES E ATIVIDADE TOTAL DE RADIONUCLÍDEOS

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) |
|---------------|----------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------------|-----------------|
| H-3 | 1×10^6 | 1×10^9 | Sc-45 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Be-7 | 1×10^3 | 1×10^7 | Sc-46 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Be-10 | 1×10^4 | 1×10^6 | Sc-47 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| C-11 | 1×10^1 | 1×10^6 | Sc-48 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| C-14 | 1×10^4 | 1×10^7 | Sc-49 | 1×10^3 | 1×10^5 |
| N-13 | 1×10^2 | 1×10^9 | Ti-44 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Ne-19 | 1×10^2 | 1×10^9 | Ti-45 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| O-15 | 1×10^2 | 1×10^9 | V-47 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| F-18 | 1×10^1 | 1×10^6 | V-48 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Na-22 | 1×10^1 | 1×10^6 | V-49 | 1×10^4 | 1×10^7 |
| Na-24 | 1×10^1 | 1×10^5 | Cr-48 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Mg-28 | 1×10^1 | 1×10^5 | Cr-49 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Al-26 | 1×10^1 | 1×10^5 | Cr-51 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Si-31 | 1×10^3 | 1×10^6 | Mn-51 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Si-32 | 1×10^3 | 1×10^6 | Mn-52 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| P-32 | 1×10^3 | 1×10^5 | Mn-52m | 1×10^1 | 1×10^5 |
| P-33 | 1×10^5 | 1×10^8 | Mn-53 | 1×10^4 | 1×10^9 |
| S-35 | 1×10^5 | 1×10^8 | Mn-54 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Cl-36 | 1×10^4 | 1×10^6 | Mn-56 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Cl-38 | 1×10^1 | 1×10^5 | Fe-52 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Cl-39 | 1×10^1 | 1×10^5 | Fe-55 | 1×10^4 | 1×10^6 |
| Ar-37 | 1×10^6 | 1×10^8 | Fe-59 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ar-39 | 1×10^7 | 1×10^4 | Fe-60 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Ar-41 | 1×10^2 | 1×10^9 | Co-55 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| K-40 | 1×10^2 | 1×10^6 | Co-56 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| K-42 | 1×10^2 | 1×10^6 | Co-57 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| K-43 | 1×10^1 | 1×10^6 | Co-58 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| K-44 | 1×10^1 | 1×10^5 | Co-58m | 1×10^4 | 1×10^7 |
| K-45 | 1×10^1 | 1×10^5 | Co-60 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Ca-41 | 1×10^5 | 1×10^7 | Co-60m | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Ca-45 | 1×10^4 | 1×10^7 | Co-61 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Ca-47 | 1×10^1 | 1×10^6 | Co-62m | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Sc-43 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ni-56 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sc-44 | 1×10^1 | 1×10^5 | Ni-57 | 1×10^1 | 1×10^6 |

TABELA C-I – NÍVEIS DE ISENÇÃO ... (*Continuação*).

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) |
|--------------------|--|-------------------|---------------|--|--------------------|
| Ni-59 | 1×10^4 | 1×10^8 | As-72 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Ni-63 | 1×10^5 | 1×10^8 | As-73 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Ni-65 | 1×10^1 | 1×10^6 | As-74 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ni-66 | 1×10^4 | 1×10^7 | As-76 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Cu-60 | 1×10^1 | 1×10^5 | As-77 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Cu-61 | 1×10^1 | 1×10^6 | As-78 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Cu-64 | 1×10^2 | 1×10^6 | Se-70 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Cu-67 | 1×10^2 | 1×10^6 | Se-73 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Zn-62 | 1×10^2 | 1×10^6 | Se-73m | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Zn-63 | 1×10^1 | 1×10^5 | Se-75 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Zn-65 | 1×10^1 | 1×10^6 | Se-79 | 1×10^4 | 1×10^7 |
| Zn-69 | 1×10^4 | 1×10^6 | Se-81 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Zn-69m | 1×10^2 | 1×10^6 | Se-81m | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Zn-71m | 1×10^1 | 1×10^6 | Se-83 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Zn-72 | 1×10^2 | 1×10^6 | Br-74 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Ga-65 | 1×10^1 | 1×10^5 | Br-74m | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Ga-66 | 1×10^1 | 1×10^5 | Br-75 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ga-67 | 1×10^2 | 1×10^6 | Br-76 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Ga-68 | 1×10^1 | 1×10^5 | Br-77 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Ga-70 | 1×10^2 | 1×10^6 | Br-80 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Ga-72 | 1×10^1 | 1×10^5 | Br-80m | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Ga-73 | 1×10^2 | 1×10^6 | Br-82 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ge-66 | 1×10^1 | 1×10^6 | Br-83 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Ge-67 | 1×10^1 | 1×10^5 | Br-84 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Ge-68 ^b | 1×10^1 | 1×10^5 | Kr-74 | 1×10^2 | 1×10^9 |
| Ge-69 | 1×10^1 | 1×10^6 | Kr-76 | 1×10^2 | 1×10^9 |
| Ge-71 | 1×10^4 | 1×10^8 | Kr-77 | 1×10^2 | 1×10^9 |
| Ge-75 | 1×10^3 | 1×10^6 | Kr-79 | 1×10^3 | 1×10^5 |
| Ge-77 | 1×10^1 | 1×10^5 | Kr-81 | 1×10^4 | 1×10^7 |
| Ge-78 | 1×10^2 | 1×10^6 | Kr-81m | 1×10^3 | 1×10^{10} |
| As-69 | 1×10^1 | 1×10^5 | Kr-83m | 1×10^5 | 1×10^{12} |
| As-70 | 1×10^1 | 1×10^5 | Kr-85 | 1×10^5 | 1×10^4 |
| As-71 | 1×10^1 | 1×10^6 | Kr-85m | 1×10^3 | 1×10^{10} |
| Kr-87 | 1×10^2 | 1×10^9 | Y-94 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Kr-88 | 1×10^2 | 1×10^9 | Y-95 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Rb-79 | 1×10^1 | 1×10^5 | Zr-86 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Rb-81 | 1×10^1 | 1×10^6 | Zr-88 | 1×10^2 | 1×10^6 |

TABELA C-I – NÍVEIS DE ISENÇÃO ... (*Continuação*).

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) |
|--------------------|--|-------------------|--------------------|--|-----------------|
| Rb-81m | 1×10^3 | 1×10^7 | Zr-89 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Rb-82m | 1×10^1 | 1×10^6 | Zr-93 ^b | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Rb-83 ^b | 1×10^2 | 1×10^6 | Zr-95 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Rb-84 | 1×10^1 | 1×10^6 | Zr-97 ^b | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Rb-86 | 1×10^2 | 1×10^5 | Nb-88 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Rb-87 | 1×10^3 | 1×10^7 | Nb-89 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Rb-88 | 1×10^2 | 1×10^5 | Nb-89m | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Rb-89 | 1×10^2 | 1×10^5 | Nb-90 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Sr-80 | 1×10^3 | 1×10^7 | Nb-93m | 1×10^4 | 1×10^7 |
| Sr-81 | 1×10^1 | 1×10^5 | Nb-94 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sr-82 ^b | 1×10^1 | 1×10^5 | Nb-95 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sr-83 | 1×10^1 | 1×10^6 | Nb-95m | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Sr-85 | 1×10^2 | 1×10^6 | Nb-96 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Sr-85m | 1×10^2 | 1×10^7 | Nb-97 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sr-87m | 1×10^2 | 1×10^6 | Nb-98 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Sr-89 | 1×10^3 | 1×10^6 | Mo-90 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sr-90 ^b | 1×10^2 | 1×10^4 | Mo-93 | 1×10^3 | 1×10^8 |
| Sr-91 | 1×10^1 | 1×10^5 | Mo-93m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sr-92 | 1×10^1 | 1×10^6 | Mo-99 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Y-86 | 1×10^1 | 1×10^5 | Mo-101 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Y-86m | 1×10^2 | 1×10^7 | Tc-93 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Y-87 ^b | 1×10^1 | 1×10^6 | Tc-93m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Y-88 | 1×10^1 | 1×10^6 | Tc-94 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Y-90 | 1×10^3 | 1×10^5 | Tc-94m | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Y-90m | 1×10^1 | 1×10^6 | Tc-95 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Y-91 | 1×10^3 | 1×10^6 | Tc-95m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Y-91m | 1×10^2 | 1×10^6 | Tc-96 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Y-92 | 1×10^2 | 1×10^5 | Tc-96m | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Y-93 | 1×10^2 | 1×10^5 | Tc-97 | 1×10^3 | 1×10^8 |
| Tc-97m | 1×10^3 | 1×10^7 | Ag-106m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Tc-98 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ag-108m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Tc-99 | 1×10^4 | 1×10^7 | Ag-110m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Tc-99m | 1×10^2 | 1×10^7 | Ag-111 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Tc-101 | 1×10^2 | 1×10^6 | Ag-112 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Tc-104 | 1×10^1 | 1×10^5 | Ag-115 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Ru-94 | 1×10^2 | 1×10^6 | Cd-104 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Ru-97 | 1×10^2 | 1×10^7 | Cd-107 | 1×10^3 | 1×10^7 |

TABELA C-I – NÍVEIS DE ISENÇÃO ... (Continuação).

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) |
|----------------------|--|-------------------|---------------|--|-------------------|
| Ru-103 | 1×10^2 | 1×10^6 | Cd-109 | 1×10^4 | 1×10^6 |
| Ru-105 | 1×10^1 | 1×10^6 | Cd-113 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Ru-106 ^b | 1×10^2 | 1×10^5 | Cd-113m | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Rh-99 | 1×10^1 | 1×10^6 | Cd-115 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Rh-99m | 1×10^1 | 1×10^6 | Cd-115m | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Rh-100 | 1×10^1 | 1×10^6 | Cd-117 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Rh-101 | 1×10^2 | 1×10^7 | Cd-117m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Rh-101m | 1×10^2 | 1×10^7 | In-109 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Rh-102 | 1×10^1 | 1×10^6 | In-110 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Rh-102m | 1×10^2 | 1×10^6 | In-110m | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Rh-103m | 1×10^4 | 1×10^8 | In-111 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Rh-105 | 1×10^2 | 1×10^7 | In-112 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Rh-106m | 1×10^1 | 1×10^5 | In-113m | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Rh-107 | 1×10^2 | 1×10^6 | In-114 | 1×10^3 | 1×10^5 |
| Pd-100 | 1×10^2 | 1×10^7 | In-114m | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Pd-101 | 1×10^2 | 1×10^6 | In-115 | 1×10^3 | 1×10^5 |
| Pd-103 | 1×10^3 | 1×10^8 | In-115m | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Pd-107 | 1×10^5 | 1×10^8 | In-116m | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Pd-109 | 1×10^3 | 1×10^6 | In-117 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ag-102 | 1×10^1 | 1×10^5 | In-117m | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Ag-103 | 1×10^1 | 1×10^6 | In-119m | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Ag-104 | 1×10^1 | 1×10^6 | Sn-110 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Ag-104m | 1×10^1 | 1×10^6 | Sn-111 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Ag-105 | 1×10^2 | 1×10^6 | Sn-113 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Ag-106 | 1×10^1 | 1×10^6 | Sn-117m | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Sn-119m | 1×10^3 | 1×10^7 | Te-123m | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Sn-121 | 1×10^5 | 1×10^7 | Te-125m | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Sn-121m ^b | 1×10^3 | 1×10^7 | Te-127 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Sn-123 | 1×10^3 | 1×10^6 | Te-127m | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Sn-123m | 1×10^2 | 1×10^6 | Te-129 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Sn-125 | 1×10^2 | 1×10^5 | Te-129m | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Sn-126 ^b | 1×10^1 | 1×10^5 | Te-131 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Sn-127 | 1×10^1 | 1×10^6 | Te-131m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sn-128 | 1×10^1 | 1×10^6 | Te-132 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Sb-115 | 1×10^1 | 1×10^6 | Te-133 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Sb-116 | 1×10^1 | 1×10^6 | Te-133m | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Sb-116m | 1×10^1 | 1×10^5 | Te-134 | 1×10^1 | 1×10^6 |

TABELA C-I – NÍVEIS DE ISENÇÃO ... (Continuação).

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) |
|---------------|--|--------------------|---------------------|--|-----------------|
| Sb-117 | 1×10^2 | 1×10^7 | I-120 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Sb-118m | 1×10^1 | 1×10^6 | I-120m | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Sb-119 | 1×10^3 | 1×10^7 | I-121 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Sb-120 | 1×10^2 | 1×10^6 | I-123 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Sb-120m | 1×10^1 | 1×10^6 | I-124 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sb-122 | 1×10^2 | 1×10^4 | I-125 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Sb-124 | 1×10^1 | 1×10^6 | I-126 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Sb-124m | 1×10^2 | 1×10^6 | I-128 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Sb-125 | 1×10^2 | 1×10^6 | I-129 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Sb-126 | 1×10^1 | 1×10^5 | I-130 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sb-126m | 1×10^1 | 1×10^5 | I-131 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Sb-127 | 1×10^1 | 1×10^6 | I-132 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Sb-128 | 1×10^1 | 1×10^5 | I-132m | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Sb-128m | 1×10^1 | 1×10^5 | I-133 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sb-129 | 1×10^1 | 1×10^6 | I-134 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Sb-130 | 1×10^1 | 1×10^5 | I-135 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sb-131 | 1×10^1 | 1×10^6 | Xe-120 | 1×10^2 | 1×10^9 |
| Te-116 | 1×10^2 | 1×10^7 | Xe-121 | 1×10^2 | 1×10^9 |
| Te-121 | 1×10^1 | 1×10^6 | Xe-122 ^b | 1×10^2 | 1×10^9 |
| Te-121m | 1×10^2 | 1×10^6 | Xe-123 | 1×10^2 | 1×10^9 |
| Te-123 | 1×10^3 | 1×10^6 | Xe-125 | 1×10^3 | 1×10^9 |
| Xe-127 | 1×10^3 | 1×10^5 | La-131 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Xe-129m | 1×10^3 | 1×10^4 | La-132 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Xe-131m | 1×10^4 | 1×10^4 | La-135 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Xe-133m | 1×10^3 | 1×10^4 | La-137 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Xe-133 | 1×10^3 | 1×10^4 | La-138 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Xe-135 | 1×10^3 | 1×10^{10} | La-140 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Xe-135m | 1×10^2 | 1×10^9 | La-141 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Xe-138 | 1×10^2 | 1×10^9 | La-142 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Cs-125 | 1×10^1 | 1×10^4 | La-143 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Cs-127 | 1×10^2 | 1×10^5 | Ce-134 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Cs-129 | 1×10^2 | 1×10^5 | Ce-135 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Cs-130 | 1×10^2 | 1×10^6 | Ce-137 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Cs-131 | 1×10^3 | 1×10^6 | Ce-137m | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Cs-132 | 1×10^1 | 1×10^5 | Ce-139 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Cs-134m | 1×10^3 | 1×10^5 | Ce-141 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Cs-134 | 1×10^1 | 1×10^4 | Ce-143 | 1×10^2 | 1×10^6 |

TABELA C-I – NÍVEIS DE ISENÇÃO ... (Continuação).

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) |
|---------------------|--|-------------------|---------------------|--|-------------------|
| Cs-135 | 1×10^4 | 1×10^7 | Ce-144 ^b | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Cs-135m | 1×10^1 | 1×10^6 | Pr-136 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Cs-136 | 1×10^1 | 1×10^5 | Pr-137 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Cs-137 ^b | 1×10^1 | 1×10^4 | Pr-138m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Cs-138 | 1×10^1 | 1×10^4 | Pr-139 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Ba-126 | 1×10^2 | 1×10^7 | Pr-142 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Ba-128 | 1×10^2 | 1×10^7 | Pr-142m | 1×10^7 | 1×10^9 |
| Ba-131 | 1×10^2 | 1×10^6 | Pr-143 | 1×10^4 | 1×10^6 |
| Ba-131m | 1×10^2 | 1×10^7 | Pr-144 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Ba-133 | 1×10^2 | 1×10^6 | Pr-145 | 1×10^3 | 1×10^5 |
| Ba-133m | 1×10^2 | 1×10^6 | Pr-147 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Ba-135m | 1×10^2 | 1×10^6 | Nd-136 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Ba-137m | 1×10^1 | 1×10^6 | Nd-138 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Ba-139 | 1×10^2 | 1×10^5 | Nd-139 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Ba-140 ^b | 1×10^1 | 1×10^5 | Nd-139m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ba-141 | 1×10^2 | 1×10^5 | Nd-141 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Ba-142 | 1×10^2 | 1×10^6 | Nd-147 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Nd-149 | 1×10^2 | 1×10^6 | Eu-155 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Nd-151 | 1×10^1 | 1×10^5 | Eu-156 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Pm-141 | 1×10^1 | 1×10^5 | Eu-157 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Pm-143 | 1×10^2 | 1×10^6 | Eu-158 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Pm-144 | 1×10^1 | 1×10^6 | Gd-145 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Pm-145 | 1×10^3 | 1×10^7 | Gd-146 ^b | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Pm-146 | 1×10^1 | 1×10^6 | Gd-147 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Pm-147 | 1×10^4 | 1×10^7 | Gd-148 | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Pm-148 | 1×10^1 | 1×10^5 | Gd-149 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Pm-148m | 1×10^1 | 1×10^6 | Gd-151 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Pm-149 | 1×10^3 | 1×10^6 | Gd-152 | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Pm-150 | 1×10^1 | 1×10^5 | Gd-153 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Pm-151 | 1×10^2 | 1×10^6 | Gd-159 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Sm-141 | 1×10^1 | 1×10^5 | Tb-147 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sm-141m | 1×10^1 | 1×10^6 | Tb-149 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sm-142 | 1×10^2 | 1×10^7 | Tb-150 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sm-145 | 1×10^2 | 1×10^7 | Tb-151 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sm-146 | 1×10^1 | 1×10^5 | Tb-153 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Sm-147 | 1×10^1 | 1×10^4 | Tb-154 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sm-151 | 1×10^4 | 1×10^8 | Tb-155 | 1×10^2 | 1×10^7 |

TABELA C-I – NÍVEIS DE ISENÇÃO ... (Continuação).

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) |
|---------------|--|-------------------|---------------|--|-------------------|
| Sm-153 | 1×10^2 | 1×10^6 | Tb-156 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Sm-155 | 1×10^2 | 1×10^6 | Tb-156m(*) | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Sm-156 | 1×10^2 | 1×10^6 | Tb-156m'(**) | 1×10^4 | 1×10^7 |
| Eu-145 | 1×10^1 | 1×10^6 | Tb-157 | 1×10^4 | 1×10^7 |
| Eu-146 | 1×10^1 | 1×10^6 | Tb-158 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Eu-147 | 1×10^2 | 1×10^6 | Tb-160 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Eu-148 | 1×10^1 | 1×10^6 | Tb-161 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Eu-149 | 1×10^2 | 1×10^7 | Dy-155 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Eu-150 | 1×10^1 | 1×10^6 | Dy-157 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Eu-150m | 1×10^3 | 1×10^6 | Dy-159 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Eu-152 | 1×10^1 | 1×10^6 | Dy-165 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Eu-152m | 1×10^2 | 1×10^6 | Dy-166 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Eu-154 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ho-155 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Ho-157 | 1×10^2 | 1×10^6 | Lu-172 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ho-159 | 1×10^2 | 1×10^6 | Lu-173 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Ho-161 | 1×10^2 | 1×10^7 | Lu-174 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Ho-162 | 1×10^2 | 1×10^7 | Lu-174m | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Ho-162m | 1×10^1 | 1×10^6 | Lu-176 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Ho-164 | 1×10^3 | 1×10^6 | Lu-176m | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Ho-164m | 1×10^3 | 1×10^7 | Lu-177 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Ho-166 | 1×10^3 | 1×10^5 | Lu-177m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ho-166m | 1×10^1 | 1×10^6 | Lu-178 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Ho-167 | 1×10^2 | 1×10^6 | Lu-178m | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Er-161 | 1×10^1 | 1×10^6 | Lu-179 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Er-165 | 1×10^3 | 1×10^7 | Hf-170 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Er-169 | 1×10^4 | 1×10^7 | Hf-172b | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Er-171 | 1×10^2 | 1×10^6 | Hf-173 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Er-172 | 1×10^2 | 1×10^6 | Hf-175 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Tm-162 | 1×10^1 | 1×10^6 | Hf-177m | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Tm-166 | 1×10^1 | 1×10^6 | Hf-178m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Tm-167 | 1×10^2 | 1×10^6 | Hf-179m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Tm-170 | 1×10^3 | 1×10^6 | Hf-180m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Tm-171 | 1×10^4 | 1×10^8 | Hf-181 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Tm-172 | 1×10^2 | 1×10^6 | Hf-182 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Tm-173 | 1×10^2 | 1×10^6 | Hf-182m | 1×10^1 | 1×10^6 |

(*) 24,4 h

(**) 5 h

TABELA C-I – NÍVEIS DE ISENÇÃO ... (Continuação).

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) |
|--------------------|--|-------------------|---------------------|--|-------------------|
| Tm-175 | 1×10^1 | 1×10^6 | Hf-183 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Yb-162 | 1×10^2 | 1×10^7 | Hf-184 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Yb-166 | 1×10^2 | 1×10^7 | Ta-172 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Yb-167 | 1×10^2 | 1×10^6 | Ta-173 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Yb-169 | 1×10^2 | 1×10^7 | Ta-174 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Yb-175 | 1×10^3 | 1×10^7 | Ta-175 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Yb-177 | 1×10^2 | 1×10^6 | Ta-176 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Yb-178 | 1×10^3 | 1×10^6 | Ta-177 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Lu-169 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ta-178 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Lu-170 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ta-179 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Lu-171 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ta-180 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ta-180m | 1×10^3 | 1×10^7 | Os-191 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Ta-182 | 1×10^1 | 1×10^4 | Os-191m | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Ta-182m | 1×10^2 | 1×10^6 | Os-193 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Ta-183 | 1×10^2 | 1×10^6 | Os-194 ^b | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Ta-184 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ir-182 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Ta-185 | 1×10^2 | 1×10^5 | Ir-184 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ta-186 | 1×10^1 | 1×10^5 | Ir-185 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| W-176 | 1×10^2 | 1×10^6 | Ir-186 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| W-177 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ir-186m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| W-178 ^b | 1×10^1 | 1×10^6 | Ir-187 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| W-179 | 1×10^2 | 1×10^7 | Ir-188 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| W-181 | 1×10^3 | 1×10^7 | Ir-189 ^b | 1×10^2 | 1×10^7 |
| W-185 | 1×10^4 | 1×10^7 | Ir-190 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| W-187 | 1×10^2 | 1×10^6 | Ir-190m* | 1×10^1 | 1×10^6 |
| W-188 ^b | 1×10^2 | 1×10^5 | Ir-190m'*** | 1×10^4 | 1×10^7 |
| Re-177 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ir-192 | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Re-178 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ir-192m | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Re-181 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ir-193m | 1×10^4 | 1×10^7 |
| Re-182 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ir-194 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Re-182m | 1×10^1 | 1×10^6 | Ir-194m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Re-184 | 1×10^1 | 1×10^6 | Ir-195 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Re-184m | 1×10^2 | 1×10^6 | Ir-195m | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Re-186 | 1×10^3 | 1×10^6 | Pt-186 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Re-186m | 1×10^3 | 1×10^7 | Pt-188 ^b | 1×10^1 | 1×10^6 |

(*) : 3,1 h

(**) : 1,2 h

TABELA C-I – NÍVEIS DE ISENÇÃO ... (Continuação).

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) |
|----------------------|--|-----------------|----------------------|--|-------------------|
| Re-187 | 1×10^6 | 1×10^9 | Pt-189 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Re-188 | 1×10^2 | 1×10^5 | Pt-191 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Re-188m | 1×10^2 | 1×10^7 | Pt-193 | 1×10^4 | 1×10^7 |
| Re-189 ^b | 1×10^2 | 1×10^6 | Pt-193m | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Os-180 | 1×10^2 | 1×10^7 | Pt-195m | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Os-181 | 1×10^1 | 1×10^6 | Pt-197 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Os-182 | 1×10^2 | 1×10^6 | Pt-197m | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Os-185 | 1×10^1 | 1×10^6 | Pt-199 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Os-189m | 1×10^4 | 1×10^7 | Pt-200 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Au-193 | 1×10^2 | 1×10^7 | Pb-201 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Au-194 | 1×10^1 | 1×10^6 | Pb-202 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Au-195 | 1×10^2 | 1×10^7 | Pb-202m | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Au-198 | 1×10^2 | 1×10^6 | Pb-203 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Au-198m | 1×10^1 | 1×10^6 | Pb-205 | 1×10^4 | 1×10^7 |
| Au-199 | 1×10^2 | 1×10^6 | Pb-209 | 1×10^5 | 1×10^6 |
| Au-200 | 1×10^2 | 1×10^5 | Pb-210 ^b | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Au-200m | 1×10^1 | 1×10^6 | Pb-211 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Au-201 | 1×10^2 | 1×10^6 | Pb-212 ^b | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Hg-193 | 1×10^2 | 1×10^6 | Pb-214 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Hg-193m | 1×10^1 | 1×10^6 | Bi-200 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Hg-194 ^b | 1×10^1 | 1×10^6 | Bi-201 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Hg-195 | 1×10^2 | 1×10^6 | Bi-202 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Hg-195m ^b | 1×10^2 | 1×10^6 | Bi-203 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Hg-197 | 1×10^2 | 1×10^7 | Bi-205 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Hg-197m | 1×10^2 | 1×10^6 | Bi-206 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Hg-199m | 1×10^2 | 1×10^6 | Bi-207 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Hg-203 | 1×10^2 | 1×10^5 | Bi-210 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Tl-194 | 1×10^1 | 1×10^6 | Bi-210m ^b | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Tl-194m | 1×10^1 | 1×10^6 | Bi-212 ^b | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Tl-195 | 1×10^1 | 1×10^6 | Bi-213 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Tl-197 | 1×10^2 | 1×10^6 | Bi-214 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Tl-198 | 1×10^1 | 1×10^6 | Po-203 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Tl-198m | 1×10^1 | 1×10^6 | Po-205 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Tl-199 | 1×10^2 | 1×10^6 | Po-206 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Tl-200 | 1×10^1 | 1×10^6 | Po-207 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Tl-201 | 1×10^2 | 1×10^6 | Po-208 | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Tl-202 | 1×10^2 | 1×10^6 | Po-209 | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Tl-204 | 1×10^4 | 1×10^4 | Po-210 | 1×10^1 | 1×10^4 |

TABELA C-I – NÍVEIS DE ISENÇÃO ... (*Continuação*).

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) |
|---------------------|--|-----------------|---------------------|--|-------------------|
| Pb-195m | 1×10^1 | 1×10^6 | At-207 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Pb-198 | 1×10^2 | 1×10^6 | At-211 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Pb-199 | 1×10^1 | 1×10^6 | Fr-222 | 1×10^3 | 1×10^5 |
| Pb-200 | 1×10^2 | 1×10^6 | Fr-223 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Rn-220 ^b | 1×10^4 | 1×10^7 | U-235 ^b | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Rn-222 ^b | 1×10^1 | 1×10^8 | U-236 | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Ra-223 ^b | 1×10^2 | 1×10^5 | U-237 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Ra-224 ^b | 1×10^1 | 1×10^5 | U-238 ^b | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Ra-225 | 1×10^2 | 1×10^5 | U-239 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Ra-226 ^b | 1×10^1 | 1×10^4 | U-240 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Ra-227 | 1×10^2 | 1×10^6 | U-240 ^b | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ra-228 ^b | 1×10^1 | 1×10^5 | Np-232 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ac-224 | 1×10^2 | 1×10^6 | Np-233 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Ac-225 ^b | 1×10^1 | 1×10^4 | Np-234 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Ac-226 | 1×10^2 | 1×10^5 | Np-235 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Ac-227 ^b | 1×10^{-1} | 1×10^3 | Np-236 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Ac-228 | 1×10^1 | 1×10^6 | Np-236m | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Th-226 ^b | 1×10^3 | 1×10^7 | Np-237 ^b | 1×10^0 | 1×10^3 |
| Th-227 | 1×10^1 | 1×10^4 | Np-238 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Th-228 ^b | 1×10^0 | 1×10^4 | Np-239 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Th-229 ^b | 1×10^0 | 1×10^3 | Np-240 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Th-230 | 1×10^0 | 1×10^4 | Pu-234 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Th-231 | 1×10^3 | 1×10^7 | Pu-235 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Th-232 | 1×10^1 | 1×10^4 | Pu-236 | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Th-234 ^b | 1×10^3 | 1×10^5 | Pu-237 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Pa-227 | 1×10^1 | 1×10^6 | Pu-238 | 1×10^0 | 1×10^4 |
| Pa-228 | 1×10^1 | 1×10^6 | Pu-239 | 1×10^0 | 1×10^4 |
| Pa-230 | 1×10^1 | 1×10^6 | Pu-240 | 1×10^0 | 1×10^3 |
| Pa-231 | 1×10^0 | 1×10^3 | Pu-241 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Pa-232 | 1×10^1 | 1×10^6 | Pu-242 | 1×10^0 | 1×10^4 |
| Pa-233 | 1×10^2 | 1×10^7 | Pu-243 | 1×10^3 | 1×10^7 |
| Pa-234 | 1×10^1 | 1×10^6 | Pu-244 | 1×10^0 | 1×10^4 |
| U-230 ^b | 1×10^1 | 1×10^5 | Pu-245 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| U-231 | 1×10^2 | 1×10^7 | Pu-246 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| U-232 ^b | 1×10^0 | 1×10^3 | Am-237 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| U-233 | 1×10^1 | 1×10^4 | Am-238 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| U-234 | 1×10^1 | 1×10^4 | Am-239 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Am-240 | 1×10^1 | 1×10^6 | Bk-247 | 1×10^0 | 1×10^4 |

TABELA C-I – NÍVEIS DE ISENÇÃO ... (*Continuação*).

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Atividade (Bq) |
|----------------------|--|-------------------|---------------|--|-------------------|
| Am-241 | 1×10^0 | 1×10^4 | Bk-249 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Am-242 | 1×10^3 | 1×10^6 | Bk-250 | 1×10^1 | 1×10^6 |
| Am-242m ^b | 1×10^0 | 1×10^4 | Cf-244 | 1×10^4 | 1×10^7 |
| Am-243 ^b | 1×10^0 | 1×10^3 | Cf-246 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Am-244 | 1×10^1 | 1×10^6 | Cf-248 | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Am-244m | 1×10^4 | 1×10^7 | Cf-249 | 1×10^0 | 1×10^3 |
| Am-245 | 1×10^3 | 1×10^6 | Cf-250 | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Am-246 | 1×10^1 | 1×10^5 | Cf-251 | 1×10^0 | 1×10^3 |
| Am-246m | 1×10^1 | 1×10^6 | Cf-252 | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Cm-238 | 1×10^2 | 1×10^7 | Cf-253 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Cm-240 | 1×10^2 | 1×10^5 | Cf-254 | 1×10^0 | 1×10^3 |
| Cm-241 | 1×10^2 | 1×10^6 | Es-250 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Cm-242 | 1×10^2 | 1×10^5 | Es-251 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Cm-243 | 1×10^0 | 1×10^4 | Es-253 | 1×10^2 | 1×10^5 |
| Cm-244 | 1×10^1 | 1×10^4 | Es-254 | 1×10^1 | 1×10^4 |
| Cm-245 | 1×10^0 | 1×10^3 | Es-254m | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Cm-246 | 1×10^0 | 1×10^3 | Fm-252 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Cm-247 | 1×10^0 | 1×10^4 | Fm-253 | 1×10^2 | 1×10^6 |
| Cm-248 | 1×10^0 | 1×10^3 | Fm-254 | 1×10^4 | 1×10^7 |
| Cm-249 | 1×10^3 | 1×10^6 | Fm-255 | 1×10^3 | 1×10^6 |
| Cm-250 | 1×10^{-1} | 1×10^3 | Fm-257 | 1×10^1 | 1×10^5 |
| Bk-245 | 1×10^2 | 1×10^6 | Md-257 | 1×10^2 | 1×10^7 |
| Bk-246 | 1×10^1 | 1×10^6 | Md-258 | 1×10^2 | 1×10^5 |

^a m e m' denotam estados metastáveis do radionuclídeo. O estado metastável m' possui energia maior do que o estado metastável m.

^b valores consideram os radionuclídeos em equilíbrio secular com seus filhos, de acordo com a Tabela II.

Fonte: IAEA, GSR Part 3, 2014.

TABELA C-II – RADIONUCLÍDEOS E SEUS FILHOS EM EQUILÍBRIO SECULAR, PARA SEREM CONSIDERADOS NA UTILIZAÇÃO DOS VALORES DA TABELA I

| | |
|---------|--|
| Ge-68 | Ga-69 |
| Rb-83 | Kr-83m |
| Sr-82 | Rb-82 |
| Sr-90 | Y-90 |
| Y-87 | Sr-87m |
| Zr-93 | Nb-93m |
| Zr-97 | Nb-97 |
| Ru-106 | Rh-106 |
| Ag-108m | Ag-108 |
| Sn-121m | Sn-121 (0,776) |
| Sn-126 | Sb-126m |
| Xe-122 | I-122 |
| Cs-137 | Ba-137m |
| Ba-140 | La-140 |
| Ce-134 | La-134 |
| Ce-144 | Pr-144 |
| Gd-146 | Eu-146 |
| Hf-172 | Lu-172 |
| W-178 | Ta-178 |
| W-188 | Re-188 |
| Re-189 | Os-189m (0,241) |
| Ir-189 | Os-189m |
| Pt-188 | Ir-188 |
| Hg-194 | Au-194 |
| Hg-195m | Hg-195 (0,542) |
| Pb-210 | Bi-210, Po-210 |
| Pb-212 | Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64) |
| Bi-210m | Tl-206 |
| Bi-212 | Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64) |
| Rn-220 | Po-216 |
| Rn-222 | Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214 |
| Ra-223 | Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207 |
| Ra-224 | Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64) |
| Ra-226 | Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210 |
| Ra-228 | Ac-228 |
| Ac-225 | Fr-221, At-217, Bi-213, Po-213 (0,978), Tl-209 (0,0216), Pb-209 (0,978) |
| Ac-227 | Fr-223 (0,0138) |
| Th-226 | Ra-222, Rn-218, Po-214 |
| Th-228 | Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64) |
| Th-229 | Ra-225, Ac-225, Fr-221, At-217, Bi-213, Po-213, Pb-209 |
| Th-234 | Pa-234m |
| U-230 | Th-226, Ra-222, Rn-218, Po-214 |
| U-232 | Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64) |
| U-235 | Th-231 |
| U-238 | Th-234, Pa-234m |
| U-240 | Np-240m |
| Np-237 | Pa-233 |
| Am-242m | Am-242 |
| Am-243 | Np-239 |

Fonte: IAEA, GSR Part 3, 2014.

TABELA C-III - NÍVEIS DE ISENÇÃO DE QUANTIDADES ACIMA DE 1 TONELADA DE MATERIAL EM CONCENTRAÇÕES DE ATIVIDADE DE RADIONUCLÍDEOS DE ORIGEM ARTIFICIAL

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) |
|--------------------|--|---------------------|--|
| H-3 | 100 | Co-58 | 1 |
| Be-7 | 10 | Co-58m | 10000 |
| C-14 | 1 | Co-60 | 0,1 |
| F-18 | 10 | Co-60m | 1000 |
| Na-22 | 0,1 | Co-61 | 100 |
| Na-24 | 1 | Co-62m | 10 |
| Si-31 | 1000 | Ni-59 | 100 |
| P-32 | 1000 | Ni-63 | 100 |
| P-33 | 1000 | Ni-65 | 10 |
| S-35 | 100 | Cu-64 | 100 |
| Cl-36 | 1 | Zn-65 | 0.1 |
| Cl-38 | 10 | Zn-69 | 1000 |
| K-42 | 100 | Zn-69m ^a | 10 |
| K-43 | 10 | Ga-72 | 10 |
| Ca-45 | 100 | Ge-71 | 10000 |
| Ca-47 | 10 | As-73 | 1000 |
| Sc-46 | 0,1 | As-74 | 10 |
| Sc-47 | 100 | As-76 | 10 |
| Sc-48 | 1 | As-77 | 1000 |
| V-48 | 1 | Se-75 | 1 |
| Cr-51 | 100 | Br-82 | 1 |
| Mn-51 | 10 | Rb-86 | 100 |
| Mn-52 | 1 | Sr-85 | 1 |
| Mn-52m | 10 | Sr-85m | 100 |
| Mn-53 | 100 | Sr-87m | 100 |
| Mn-54 | 0,1 | Sr-89 | 1000 |
| Mn-56 | 10 | Sr-90 ^a | 1 |
| Fe-52 ^a | 10 | Sr-91 ^a | 10 |
| Fe-55 | 1000 | Sr-92 | 10 |
| Fe-59 | 1 | Y-90 | 1000 |
| Co-55 | 10 | Y-91 | 100 |
| Co-56 | 0,1 | Y-91m | 100 |
| Co-57 | 1 | Y-92 | 100 |

TABELA C-III – (Continuação)

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) |
|----------------------|--|----------------------|--|
| Y-93 | 100 | In-111 | 10 |
| Zr-93 | 10 | In-113m | 100 |
| Zr-95 ^a | 1 | In-114m ^a | 10 |
| Zr-97 ^a | 10 | In-115m | 100 |
| Nb-93m | 10 | Sn-113 ^a | 1 |
| Nb-94 | 0,1 | Sn-125 | 10 |
| Nb-95 | 1 | Sb-122 | 10 |
| Nb-97 ^a | 10 | Sb-124 | 1 |
| Nb-98 | 10 | Sb-125 ^a | 0,1 |
| Mo-90 | 10 | Te-123m | 1 |
| Mo-93 | 10 | Te-125m | 1000 |
| Mo-99 ^a | 10 | Te-127 | 1000 |
| Mo-101 ^a | 10 | Te-127m ^a | 10 |
| Tc-96 | 1 | Te-129 | 100 |
| Tc-96m | 1000 | Te-129m ^a | 10 |
| Tc-97 | 10 | Te-131 | 100 |
| Tc-97m | 100 | Te-131m ^a | 10 |
| Tc-99 | 1 | Te-132 ^a | 1 |
| Tc-99m | 100 | Te-133 | 10 |
| Ru-97 | 10 | Te-133m | 10 |
| Ru-103 ^a | 1 | Te-134 | 10 |
| Ru-105 ^a | 10 | I-123 | 100 |
| Ru-106 ^a | 0,1 | I-125 | 100 |
| Rh-103m | 10000 | I-126 | 10 |
| Rh-105 | 100 | I-129 | 0,01 |
| Pd-103 ^a | 1000 | I-130 | 10 |
| Pd-109 ^a | 100 | I-131 | 10 |
| Ag-105 | 1 | I-132 | 10 |
| Ag-110m ^a | 0,1 | I-133 | 10 |
| Ag-111 | 100 | I-134 | 10 |
| Cd-109 ^a | 1 | I-135 | 10 |
| Cd-115 ^a | 10 | Cs-129 | 10 |
| Cd-115m ^a | 100 | Cs-131 | 1000 |

TABELA C-III– *(Continuação)*

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) |
|---------------------|--|---------------|--|
| Cs-132 | 10 | Er-171 | 100 |
| Cs-134 | 0,1 | Tm-170 | 100 |
| Cs-134m | 1000 | Tm-171 | 1000 |
| Cs-135 | 100 | Yb-175 | 100 |
| Cs-136 | 1 | Lu-177 | 100 |
| Cs-137 ^a | 0,1 | Hf-181 | 1 |
| Cs-138 | 10 | Ta-182 | 0,1 |
| Ba-131 | 10 | W-181 | 10 |
| Ba-140 | 1 | W-185 | 1000 |
| La-140 | 1 | W-187 | 10 |
| Ce-139 | 1 | Re-186 | 1000 |
| Ce-141 | 100 | Re-188 | 100 |
| Ce-143 | 10 | Os-185 | 1 |
| Ce-144 ^a | 10 | Os-191 | 100 |
| Pr-142 | 100 | Os-191m | 1000 |
| Pr-143 | 1000 | Os-193 | 100 |
| Nd-147 | 100 | Ir-190 | 1 |
| Nd-149 | 100 | Ir-192 | 1 |
| Pm-147 | 1000 | Ir-194 | 100 |
| Pm-149 | 1000 | Pt-191 | 10 |
| Sm-151 | 1000 | Pt-193m | 1000 |
| Sm-153 | 100 | Pt-197 | 1000 |
| Eu-152 | 0,1 | Pt-197m | 100 |
| Eu-152m | 100 | Au-198 | 10 |
| Eu-154 | 0.1 | Au-199 | 100 |
| Eu-155 | 1 | Hg-197 | 100 |
| Gd-153 | 10 | Hg-197m | 100 |
| Gd-159 | 100 | Hg-203 | 10 |
| Tb-160 | 1 | Tl-200 | 10 |
| Dy-165 | 1000 | Tl-201 | 100 |
| Dy-166 | 100 | Tl-202 | 10 |
| Ho-166 | 100 | Tl-204 | 1 |
| Er-169 | 1000 | Pb-203 | 10 |

TABELA C-III – (Continuação)

| Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) | Radionuclídeo | Concentração de Atividade (Bq/g) |
|---------------------|--|----------------------|--|
| Bi-206 | 1 | Pu-241 | 10 |
| Bi-207 | 0,1 | Pu-242 | 0,1 |
| Po-203 | 10 | Pu-243 | 1000 |
| Po-205 | 10 | Pu-244 ^a | 0,1 |
| Po-207 | 10 | Am-241 | 0,1 |
| At-211 | 1000 | Am-242 | 1000 |
| Ra-225 | 10 | Am-242m ^a | 0,1 |
| Ra-227 | 100 | Am-243 ^a | 0,1 |
| Th-226 | 1000 | Cm-242 | 10 |
| Th-229 | 0,1 | Cm-243 | 1 |
| Pa-230 | 10 | Cm-244 | 1 |
| Pa-233 | 10 | Cm-245 | 0,1 |
| U-230 | 10 | Cm-246 | 0,1 |
| U-231 | 100 | Cm-247 ^a | 0,1 |
| U-232 ^a | 0,1 | Cm-248 | 0,1 |
| U-233 | 1 | Bk-249 | 100 |
| U-236 | 10 | Cf-246 | 1000 |
| U-237 | 100 | Cf-248 | 1 |
| U-239 | 100 | Cf-249 | 0,1 |
| U-240 ^a | 100 | Cf-250 | 1 |
| Np-237 ^a | 1 | Cf-251 | 0,1 |
| Np-239 | 100 | Cf-252 | 1 |
| Np-240 | 10 | Cf-253 | 100 |
| Pu-234 | 100 | Cf-254 | 1 |
| Pu-235 | 100 | Es-253 | 100 |
| Pu-236 | 1 | Es-254 ^a | 0,1 |
| Pu-237 | 100 | Es-254m ^a | 10 |
| Pu-238 | 0,1 | Fm-254 | 10000 |
| Pu-239 | 0,1 | Fm-255 | 100 |
| Pu-240 | 0,1 | | |

^a Radionuclídeos e seus filhos, cujas contribuições são levadas em consideração para o cálculo de dose (exigindo assim considerar apenas o nível de isenção do radionuclídeo original), estão listados abaixo:

| | | | |
|---------|---------------|---------|---|
| Fe-52 | Mn-52m | Sn-113 | In-113m |
| Zn-69m | Zn-69 | Sb-125 | Te-125m |
| Sr-90 | Y-90 | Te-127m | Te-127 |
| Sr-91 | Y-91m | Te-129m | Te-129 |
| Zr-95 | Nb-95 | Te-131m | Te-131 |
| Zr-97 | Nb-97m, Nb-97 | Te-132 | I-132 |
| Nb-97 | Nb-97m | Cs-137 | Ba-137m |
| Mo-99 | Tc-99m | Ce-144 | Pr-144, Pr-144m |
| Mo-101 | Tc-101 | U-232 | Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212 |
| Ru-103 | Rh-103m | | Tl-208 |
| Ru-105 | Rh-105m | | |
| Ru-106 | Rh-106 | U-240 | Np-240m, Np-240 |
| Pd-103 | Rh-103m | Np-237 | Pa-233 |
| Pd-109 | Ag-109m | Pu-244 | U-240, Np-240m, Np-240 |
| Ag-110m | Ag-110 | Am-242m | Np-238 |
| Cd-109 | Ag-109m | Am-243 | Np-239 |
| Cd-115 | In-115m | Cm-247 | Pu-243 |
| Cd-115m | In-115m | Es-254 | Bk-250 |
| In-114m | In-114 | Es-254m | Fm-254 |

Nota: Para a dispensa de material radioativo contendo mais de um radionuclídeo de origem artificial, com base nos níveis indicados nas Tabelas C-I e C-III, a condição é que a soma das concentrações de atividade para radionuclídeos individuais é menor do que o nível de dispensa derivado para a mistura (X_m), determinado da seguinte forma:

$$X_m = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{f(i)}{X(i)}}$$

Onde:

$f(i)$ é a fração da concentração de atividade do radionuclídeo i na mistura;

$X(i)$ é o nível aplicável para o radionuclídeo i conforme apresentado nas Tabelas C-I e C-III;

e n é o número de radionuclídeos presente.

Fonte: IAEA, GSR Part 3 (2014)

ANEXO D

PLANO DE RADIOPROTEÇÃO PARA SITUAÇÕES DE EXPOSIÇÃO PLANEJADA

Art. 1º Os titulares de instalações e atividades em situações de exposição planejada, devem submeter um Plano de Radioproteção para avaliação da CNEN.

Parágrafo único. Este documento deve descrever todo o sistema de radioproteção e segurança radiológica da instalação ou atividade e demonstrar a conformidade com os requisitos de radioproteção e segurança radiológica, estabelecidos pela CNEN.

Art. 2º O Plano de Radioproteção deve conter as seguintes informações:

- I - identificação da instalação e da sua estrutura organizacional, com uma definição clara das linhas de responsabilidade e respectivos responsáveis;
- II - descrição do objetivo e das atividades previstas na instalação;
- III - função, classificação e descrição das áreas da instalação;
- IV - descrição da estrutura do serviço de radioproteção: equipe, instalações e equipamentos;
- V - descrição das fontes de radiação e dos correspondentes sistemas de controle e segurança, com detalhamento das atividades envolvendo essas fontes;
- VI - demonstração da otimização da radioproteção, ou de sua dispensa;
- VII - função, qualificação e jornada de trabalho dos IOEs;
- VIII - estimativa das doses anuais para os IOEs e indivíduos do público, em condições de exposição normal;
- IX - descrição dos programas e procedimentos relativos à monitoração individual, monitoração de área, monitoração de efluentes e monitoração do meio ambiente;
- X - descrição do sistema de gerência de rejeitos radioativos;
- XI - descrição do sistema de liberação de efluentes radioativos;
- XII - descrição do controle médico do IOE, incluindo planejamento médico em caso de acidentes;
- XIII - programas de treinamento específicos para IOE e, conforme aplicável, para os demais funcionários;
- XIV - níveis operacionais e demais restrições adotadas;
- XV - descrição dos tipos de acidentes previsíveis, incluindo o sistema de detecção dos mesmos, destacando os mais prováveis e os de maior porte;
- XVI - planejamento de resposta em situações de emergência, até o completo restabelecimento da situação normal;
- XVII - regulamentos internos e instruções gerais a serem fornecidas por escrito aos IOEs e demais trabalhadores, visando a execução segura de suas atividades; e
- XVIII - Programa de Garantia da Qualidade aplicável ao sistema de radioproteção.

ANEXO E
PROGRAMA DE MONITORAÇÃO RADIOLÓGICA OCUPACIONAL
E CÁLCULO DA DOSE EFETIVA

Art. 1º O programa de monitoração radiológica ocupacional - PMRO deve ser estabelecido pelo titular com a finalidade de avaliar as exposições ocupacionais por meio da monitoração de área e/ou da monitoração individual, sempre que aplicável, levando em conta as fontes, as vias e magnitudes das exposições, sob condições normais de operação e de incidentes operacionais previstos.

Parágrafo único. O PMRO deve ser estabelecido nos casos em que se estima um adicional de dose efetiva anual igual ou superior a 1mSv, excluindo o radônio. No caso de exposição ao radônio é adotado o valor de 300 Bq/m³.

Art. 2º O programa de monitoração radiológica ocupacional, deve ser coordenado e dimensionado pelo supervisor de radioproteção responsável, como parte do plano de radioproteção.

Art. 3º O titular é responsável pela manutenção dos registros do Programa de Monitoração Radiológica Ocupacional, por meio do Serviço de Radioproteção.

Art. 4º O titular deve disponibilizar para a CNEN os registros do Programa de Monitoração Radiológica Ocupacional durante inspeções regulatórias ou quando requeridos para avaliações específicas.

Parágrafo único. De acordo com as normas específicas, o titular deve enviar à CNEN um Relatório do Programa de Monitoração Ocupacional, contendo uma análise crítica dos resultados tendo como parâmetros os limites de dose e a otimização radioproteção.

Art. 5º O titular deve dar transparência à gestão da radioproteção e segurança radiológica, disponibilizando quando solicitado por órgãos e entidades representativas da sociedade civil, dados e informações relativas ao Programa de Monitoração Ocupacional, preservando o sigilo dos dados pessoais dos IOEs.

Da Monitoração de Área

Art. 6º O programa de monitoração de área deve permitir a avaliação das condições radiológicas, a estimativa da exposição dos IOEs e a reavaliação da classificação das áreas.

Art. 7º O Programa de Monitoração de Área deve descrever:

- I - as grandezas a serem quantificadas;
- II - os pontos representativos e a periodicidade das monitorações;
- III - os métodos e procedimentos de medição; e
- IV - os níveis operacionais e de investigação a serem aplicados.

Da Monitoração Individual

Art. 8º O titular deve estabelecer um programa de monitoração individual, que deve permitir:

- I - a avaliação das doses ocupacionais dos IOEs devido à exposição a fontes externas e internas de radiação;
- II - a avaliação da otimização da radioproteção; e
- III - a demonstração do atendimento aos limites de dose estabelecidos nesta Norma.

Art. 9º. Para avaliação da exposição externa, a monitoração individual dos IOEs deve ser efetuada por meio do uso de monitores individuais.

Art. 10. Para exposição externa, de corpo inteiro, devido a campos uniformes de radiação, os monitores individuais devem ser utilizados, no ponto mais exposto do tórax e calibrados na grandeza equivalente de dose individual para a profundidade de 10 mm, Hp(10). O resultado desta medição é a componente externa da dose efetiva.

Art. 11. Para exposição a campos não uniformes de radiação ou radiação pouco penetrante, a monitoração individual externa, quando tecnicamente disponível, deve ser utilizada para estimar a dose equivalente em tecidos específicos, da seguinte forma:

I - no caso de radiações pouco penetrantes, o equivalente de dose na pele deve ser estimado por monitor individual calibrado em equivalente de dose individual na profundidade de 0,07 mm, Hp(0,07); e

II - no caso de extremidades (pés e mãos) deve ser estimada a dose equivalente, por meio de monitor individual calibrado em equivalente de dose individual na profundidade de 0,07 mm, Hp(0,07).

Art. 12. A frequência de troca dos monitores individuais deve ser mensal e qualquer intenção de alteração no período de monitoração, por parte do titular, deve ser justificado e autorizado pela CNEN.

Art. 13. O titular somente deverá contratar serviços de monitoração individual que estejam em conformidade com os requisitos desta Norma.

Art. 14. Os monitores individuais de leitura direta poderão ser utilizados de forma complementar aos monitores de uso mensal, para monitorações dos IOEs em atividades específicas, assim como para a monitoração de fiscais e visitantes. Os monitores devem ser calibrados em conformidade com os requisitos desta Norma.

Art. 15. A avaliação das doses recebidas pelos IOEs, em decorrência da incorporação de radionuclídeos, deve ser efetuada a partir do estabelecimento de um programa de monitoração individual interna, composto por uma ou mais técnicas de monitoração relacionadas a seguir:

I - medição *in vivo*, diretamente no IOE, para determinação da atividade de radionuclídeos no corpo inteiro ou em órgãos específicos;

II - medição *in vitro* da atividade de radionuclídeos presentes na excreta; e

III - medição das concentrações de atividade de radionuclídeos presentes no ar, por meio do uso de amostradores individuais.

Art. 16. Deve ser adotado como guia a Publicação da ICRP mais recente, na qual são apresentados os fundamentos e a metodologia para implantação de programas de monitoração individual interna.

Art. 17. Nos casos em que for demonstrado pelo titular que a monitoração individual não é justificável ou é tecnicamente inviável, a estimativa da exposição ocupacional dos IOEs deve ser realizada com base nos resultados da monitoração de área e nas informações sobre as atividades do IOE.

Art. 18. O nível de registro para dose efetiva, para qualquer intervalo de monitoração inferior a 1 ano, deve ser igual ou menor a 0,10 mSv, considerando contribuições devido a exposições internas e externas. Para a dose efetiva anual o nível de registro deve ser igual a um adicional de 1 mSv excluindo a contribuição da exposição ao radônio. Neste caso o nível de registro deve ser igual a 300 Bq/m³.

§1º O nível de registro para as monitorações individuais das exposições internas e externas, ao longo do período de monitoração, deve ser derivado do nível de registro anual de 1mSv.

§2º O nível de registro anual para dose equivalente no cristalino, pele e extremidades (mãos e pés) deve ser igual a 10% do respectivo limite anual.

§3º Para efeitos de registro a exposição ao radônio deve ser transformada em dose efetiva e somada as demais contribuições

Art. 19. Os níveis de investigação para monitoração individual de IOE devem ser estabelecidos como igual a:

I - 6 mSv em 1 ano ou 1 mSv em 1 mês para dose efetiva;

II - 150 mSv em 1 ano ou 20 mSv em 1 mês para dose equivalente na pele, nas mãos e pés; e

III - 6 mSv em 1 ano ou 1 mSv em 1 mês para dose equivalente no cristalino.

Parágrafo único. É prerrogativa da CNEN que sejam estabelecidos níveis de investigação para períodos ou valores diferentes com base na exposição ocupacional prevista no projeto e a otimização da radioproteção.

Art. 20. Os titulares devem providenciar avaliação médica e informar a CNEN sempre que qualquer IOE vier a receber uma dose efetiva superior a 100 mSv ou dose absorvida superior ao limiar de efeitos determinísticos.

Cálculo da Dose Efetiva

Art. 21. Os limites e restrições de dose estabelecidos pela CNEN se aplicam à dose efetiva, que é dada pela soma das doses decorrentes da exposição externa no período especificado e da exposição interna devido a incorporações de radionuclídeos no mesmo período.

Art. 22. A dose efetiva de um IOE, num dado período, deve ser calculada a partir dos resultados do programa de monitoração individual de acordo com a expressão:

$$E = Hp(10) + \sum e_{(50)j,ing} \cdot I_{j,ing} + \sum e_{(50)j,ina} \cdot I_{j,ina}$$

onde:

I - $Hp(10)$ – é o equivalente de dose individual, decorrente da exposição externa, cujo valor é obtido através das leituras dos monitores individuais, utilizados no período considerado;

II - $\sum e_{(50)j,ing} I_{j,ing}$ – é o somatório das doses efetivas comprometidas, decorrentes da incorporação, por ingestão, do radionuclídeo j, naquele período; e

III - $\sum e_{(50)j,ina} I_{j,ina}$ – é o somatório das doses efetivas comprometidas, decorrentes da incorporação por inalação, do radionuclídeo j, naquele período.

§ 1º As atividades I , incorporadas pela inalação ou ingestão de radionuclídeos, devem ser obtidas por meio do programa de monitoração individual interna; e

§ 2º Os coeficientes de dose $e_{(50)}$ para inalação e para ingestão de radionuclídeos devem ser obtidos em publicações atualizadas da ICRP.

ANEXO F

CLASSIFICAÇÃO RADIOLÓGICA DE ÁREAS

Art. 1º Para fins de gerenciamento da proteção e segurança radiológica, no âmbito das exposições ocupacionais, os titulares devem classificar as áreas de uma instalação em áreas controladas, supervisionadas ou livres, de acordo com os requisitos desta norma.

Art. 2º Uma área deve ser classificada como controlada quando for necessária:

I - a adoção de medidas específicas para o controle das exposições ocupacionais e para a prevenção da disseminação de contaminação, sob condições normais de operação, em conformidade com os requisitos de otimização e limitação de dose; e

II - a prevenção ou redução da magnitude das exposições ocupacionais decorrentes de falhas operacionais previstas ou de situações de acidentes.

Parágrafo único. Uma área deve obrigatoriamente ser classificada como controlada quando em seu projeto estiverem previstas doses efetivas anuais para os IOEs iguais ou superiores a 6mSv, seja sob condições normais de operação ou em decorrência de falhas operacionais previstas ou de situações de acidentes.

Art. 3º Com relação às áreas controladas, os titulares devem:

I - estabelecer os seus limites com base nas probabilidades e magnitudes das exposições previstas, sob condições normais de operação ou em decorrência de falhas operacionais previstas ou de acidentes, considerando o tipo e alcance dos procedimentos requeridos para a proteção e segurança radiológica;

II - estabelecer, sinalizar e delimitar áreas controladas temporárias, quando uma fonte ou equipamento gerador de radiação for usado de forma intermitente, ou transferido de um lugar para outro;

III - fixar nos pontos de acesso às áreas controladas placas de sinalização contendo as seguintes informações: O símbolo internacional de radiação ionizante, a expressão “ÁREA CONTROLADA – Acesso Restrito” e um texto descrevendo o tipo de fonte ou equipamento gerador de radiação ou o uso relacionado à radiação ionizante;

IV - estabelecer medidas de proteção e segurança radiológica ocupacional, com inclusão de medidas físicas e de engenharia, para controlar a disseminação da contaminação;

V - restringir o acesso às áreas controladas por meio de procedimentos administrativos e de barreiras físicas, devendo incluir dispositivos de fechamento ou intertravamentos, sendo o grau de restrição proporcional às probabilidades, fontes, vias e magnitudes das exposições previstas;

VI - disponibilizar nos pontos de acesso:

a) equipamentos de proteção individual;

b) equipamentos de monitoração radiológica individual e de áreas, considerando as fontes e vias de exposição envolvidas; e

c) local para a guarda de vestimentas e objetos pessoais.

VII - disponibilizar nas saídas das áreas controladas, quando houver risco de exposição devido a contaminação por material radioativo:

a) equipamento para monitoração radiológica de contaminação na pele e em vestimentas dos IOEs e em objetos ou materiais que são retirados da área, a fim de verificar o atendimento aos limites estabelecidos pela CNEN;

b) local para a segregação dos equipamentos de proteção individual utilizados; e

c) local para descontaminação pessoal.

VIII - avaliar periodicamente a necessidade de modificações das medidas de proteção e segurança radiológica ou de alterações na sua delimitação; e

IX - informar, instruir, treinar quanto a requisitos de proteção e segurança radiológica todo trabalhador que tenha que acessar áreas controladas para o desempenho de uma atividade.

Art. 4º Deve ser classificada como área supervisionada qualquer área sob vigilância, não classificada como controlada, mas onde as condições de exposição ocupacional e de disseminação de material radioativo necessitam ser mantidas sob supervisão.

Art. 5º Com relação às áreas supervisionadas, os titulares devem:

I - delimitá-las fisicamente;

II - sinalizar os pontos de acesso com placas contendo as seguintes informações: O símbolo internacional de radiação ionizante e a expressão “ÁREA SUPERVISIONADA - Acesso Restrito”; e

III - avaliar periodicamente a necessidade de modificações das medidas de proteção e segurança radiológica ou de modificações em sua delimitação.

Art. 6º Os titulares ou empregadores devem prever, no projeto de áreas controladas e supervisionadas, medidas para a proteção e segurança dos IOE, de acordo com a seguinte hierarquia:

I - controles de engenharia;

II - controles administrativos; e

III - uso de equipamentos de proteção individual.

Art. 7º Uma área deve ser classificada como livre quando a taxa de dose e o risco de contaminação por materiais radioativos forem baixos o suficiente para que, sob condições normais de operação, o nível de radioproteção e segurança radiológica necessário para aqueles que nela trabalham seja comparável com o nível requerido para exposições do público.

ANEXO G

NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO SUPERFICIAL

Art. 1º Para fins de minimizar as exposições ocupacionais e o risco de disseminação de materiais radioativos para áreas livres, os titulares responsáveis por instalações e atividades devem atender os Níveis de Contaminação Superficial estabelecidos na Tabela I.

TABELA G-I- Níveis de Contaminação Superficial

| Área/Situação | Níveis de Contaminação Superficial ^(1, 9, 10) (Bq/cm ²) | | | | |
|--|---|------------------------|------------------------|------------------------|---|
| | Grupo 1 ^(2, 10) | Grupo 2 ⁽³⁾ | Grupo 3 ⁽⁴⁾ | Grupo 4 ⁽⁵⁾ | Grupo 5 ⁽⁶⁾ |
| Áreas livres e Supervisionadas: | | | | | |
| Superfícies em geral, Equipamentos, Ferramentas, Utensílios, EPI, Vestimentas pessoais, Superfície Corpórea. | 0,3 | 0,3 | 3,0 | 30 | 0,3 (α emissores) 3,0 (demais) |
| Áreas Controladas: | | | | | |
| Pisos, Paredes e telhados ⁽⁷⁾ | 3,0 | 30 | 300 | 3000 | 30 |
| EPI, Bancadas, Utensílios, Ferramentas ⁽⁸⁾ | 3,0 | 30 | 300 | 3000 | 30 |

Notas referentes a Tabela G-I:

- (1) Os Níveis estabelecidos referem-se à contaminação total (fixada+removível), considerando o uso de monitoração direta. Para avaliação da contaminação removível, por meio do uso de esfregão, deve ser adotado como referência 10% dos valores da descritos na Tabela I. Sempre que possível efetuar o esfregão em uma área de 100 cm²;
- (2) O Grupo 1 é composto pelos radionuclídeos: ²²³Ra, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²²⁸Th, ²³⁰Th, ²³²Th, Th-nat, ²³¹Pa, ²³⁷Np, ²²⁷Ac, ²³²U, ²³³U, ²³⁴U e Alfa emissores transurânicos (Z > 92);
- (3) O Grupo 2 é composto pelos radionuclídeos: ¹⁴⁷Sm, ²²⁷Th, ²⁴¹Pu, U-enr, U-emp, ²³⁵U, ²³⁸U, U-nat. incluindo os alfa emissores da série de decaimento;
- (4) O Grupo 3 é composto pelos radionuclídeos: ¹⁴C, ³⁵S, ⁵⁴Mn, ⁵⁷Co, ⁶⁵Zn, ⁶⁷Ga, ⁷⁵Se, ⁷⁷Sr, ^{99m}Tc, ¹⁰⁹Cd, ¹²³I, ¹²⁵I, ¹²⁹Cs, ¹⁹⁷Hg, ²⁰¹Tl, ¹³¹I, ¹⁵³Sm, ⁹⁰Y, ¹¹C, ⁶⁸Ga, ¹⁷⁷Lu, ¹⁸F
- (5) O Grupo 4 é composto pelos seguintes radionuclídeos: ³H, ⁵¹Cr, ⁵⁵Fe, ⁶³Ni, ¹³¹Cs;
- (6) O Grupo 5 é composto pelos radionuclídeos não especificados nos Grupos 1, 2, 3 e 4;
- (7) Valores para uma contaminação de no máximo 1m² de extensão. Níveis operacionais em termos de contaminação de superfície devem ser estabelecidos pelo Titular visando a otimização da proteção;
- (8) Valores para uma contaminação de no máximo 100 cm² de extensão. Níveis operacionais em termos de contaminação de superfície devem ser estabelecidos pelo Titular visando a otimização da proteção;
- (9) No caso de superfícies contaminadas por uma mistura de radionuclídeos conhecida adotar os limites estabelecidos na Tabela I de forma independente. Caso os radionuclídeos não sejam conhecidos adotar simultaneamente os limites mais restritivos da Tabela I para emissores alfa e para emissores beta;
- (10) Para os radionuclídeos ²³¹Pa e ²³⁷Np, adotar um décimo dos limites estabelecidos para os Grupo 1.

ANEXO H

PROGRAMA DE MONITORAÇÃO RADIOLÓGICA AMBIENTAL E CÁLCULO DA DOSE EFETIVA

Fases do Programa de Monitoração Radiológica Ambiental

Art. 1º O Programa de Monitoração Radiológica Ambiental – PMRA, parte integrante do Plano de Radioproteção, deve ser estabelecido e executado considerando as fases pré-operacional, operacional e pós-operacional, conforme o caso.

Art. 2º O PMRA deve atender os seguintes objetivos:

I - na fase pré-operacional o PMRA deve:

- a) caracterizar os níveis de radioatividade e os campos de radiação existentes e suas flutuações sazonais e periódicas, abrangendo as áreas de impacto e as que servirão de controle na fase operacional;
- b) identificar e determinar valores de parâmetros específicos que possam ser relevantes para a estimativa da dose e para a avaliação do impacto ambiental;
- c) implantar e avaliar a adequação dos procedimentos, equipamentos e técnicas de: coleta, identificação, preservação e transporte de amostras; medição e métodos analíticos e radiométricos usados nos laboratórios;
- d) determinar a necessidade de recursos humanos, financeiros e de infraestrutura necessários à condução do programa na fase operacional; e
- e) capacitar o pessoal técnico para a condução adequada do programa na fase operacional.

II - na fase operacional, o PMRA deve:

- a) comprovar as condições previstas de isolamento da fonte e de controle da liberação de efluentes;
- b) prover meios para demonstração ao público de que a fonte e a liberação de efluentes se encontram sob controle;
- c) avaliar os incrementos detectados nos níveis de radiação ou concentrações de atividades de radionuclídeos, em relação à fase pré-operacional, às áreas de controle e aos níveis medidos nos anos anteriores;
- d) estimar o impacto devido aos incrementos detectados e, se necessário, propor e implementar programa de monitoração complementar e outras ações corretivas que levem ao retorno das condições operacionais autorizadas;
- e) avaliar as tendências em relação às medidas de níveis de radiação ou das concentrações de atividade de radionuclídeos, em áreas sujeitas ao impacto radiológico da instalação e áreas de controle, que permitam distinguir a contribuição da instalação daquela de outras fontes;
- f) demonstrar a conformidade com os níveis operacionais estabelecidos;
- g) realizar a supervisão da região de modo a identificar modificações em parâmetros que indiquem a necessidade de revisão do programa; e
- h) manter registros continuados das medidas efetuadas que permitam os processos de acompanhamento e auditoria da instalação.

III - na fase pós-operacional (descomissionamento) o PMRA deve:

- a) identificar e documentar as mudanças nos termos-fonte, radionuclídeos, vias de exposição e pessoa representativa ou grupo crítico, devendo essas serem submetidas à aprovação da CNEN;
- b) garantir que as previsões feitas com base na monitoração e modelagem sejam consistentes e que os limites autorizados não sejam excedidos;
- c) fornecer informações para permitir a avaliação das doses atuais ou prospectivas dos membros do grupo crítico ou pessoa representativa;
- d) detectar quaisquer mudanças imprevistas nas concentrações de atividade e avaliar as tendências de longo prazo nos níveis de radiação ambiental; e
- e) permitir a verificação da conformidade com os limites autorizados no plano de descomissionamento.

Elaboração do Programa de Monitoração Radiológica Ambiental

Art. 3º O PMRA deve ser documentado e consolidado em relatório, onde devem estar especificados:

- I - os objetivos do programa de monitoração;
- II - as características das liberações, incluindo a identificação do termo fonte para cada via de liberação e as condições de dispersão do efluente no meio ambiente;
- III - as características do local, tais como: localização e descrição dos grupos de população, localização georreferenciada dos recursos hídricos, naturais, histórico-culturais e produtivos;
- IV - os meios e os bio-indicadores a serem monitorados;
- V - a estimativa de dose, incluindo a definição das vias críticas de exposição, dos radionuclídeos críticos, da pessoa representativa ou do grupo crítico, do modelo de avaliação e valores de parâmetros, genéricos e específicos, relativos ao local e às fontes;
- VI - estabelecimento dos níveis operacionais para cada radionuclídeo e meios monitorados;
- VII - a localização georreferenciada dos pontos que formam a rede de monitoração;
- VIII - os métodos e frequências de medição, amostragem e análises laboratoriais;
- IX - os limites mínimos de detecção para cada radionuclídeo em função do meio monitorado, com base nos níveis operacionais;
- X - os equipamentos e sistemas de medição e de detecção necessários, em função dos tipos de medidas e dos limites mínimos de detecção requeridos;
- XI - as metodologias e critérios a serem utilizados no tratamento dos dados e na avaliação dos resultados;
- XII - os resultados obtidos nos programas precedentes, quando aplicável; e
- XIII - as ações a serem implementadas quando os níveis operacionais ou limites autorizados forem atingidos.

Art. 4º O PMRA deve ser implementado e mantido por meio de uma equipe técnica capacitada, por meio de programa de qualificação e de treinamento.

Art. 5º Alterações no programa de monitoração ambiental devem ser submetidas à CNEN. O PMRA deve ser reavaliado sempre que forem identificadas modificações significativas nas condições de dispersão dos efluentes, de ocupação do local, do uso das terras e dos recursos hídricos.

Parágrafo único. A periodicidade para reavaliação da adequação do PMRA não deve ser superior a 5 anos.

Dose Efetiva para o Indivíduo do Público

Art. 6º As estimativas de dose efetiva, para fins de verificação de conformidade com limites e restrições de dose e níveis de referência estabelecidos pela CNEN para o indivíduo do público, se aplicam à soma das doses provenientes da exposição externa no período especificado e das doses comprometidas devido a incorporações de radionuclídeos no mesmo período. O período de cálculo da dose comprometida será de 50 anos para a ingestão por adultos e até aos 70 anos para a ingestão por crianças.

Art. 7º A dose efetiva de um indivíduo do público, num dado período, deve ser calculada de acordo com a expressão:

$$E = \underbrace{\sum C_{m,i} \times FD_{ext,i} \times O_f}_{\text{Exposição externa } (E_{ext})} + \underbrace{\sum C_{a,i} \times FD_{ina,i} \times R_{ina} + \sum C_{p,i} \times FD_{ing,i} \times H_{ing}}_{\text{Exposição interna } (E_{int})}$$

onde:

- I - $C_{m,i}$ é a concentração de atividade do radionuclídeo i no meio considerado para exposição externa (e.g. ar, solo, sedimento);
- II - $FD_{ext,i}$ é o coeficiente de dose do radionuclídeo i no meio considerado (e.g. imersão no ar, exposição devido a deposição de radionuclídeos no terreno);
- III - O_f é o fator de ocupação no meio considerado (fração do ano no qual a pessoa representativa ou membro do grupo crítico está exposto a este tipo de exposição);
- IV - $C_{a,i}$ é a concentração de atividade do radionuclídeo i no ar;
- V - $FD_{ina,i}$ é o coeficiente de dose do radionuclídeo i para a inalação;

VI - R_{ina} é a taxa de inalação;

VII - $C_{p,i}$ é a concentração de atividade do radionuclídeo i no produto consumido considerado para exposição interna (e.g. alimentos, água);

VIII - $FD_{ing,i}$ é o coeficiente de dose para ingestão do radionuclídeo i ;

IX - H_{ina} é a taxa de consumo do produto considerado para exposição interna (e.g. alimentos, água).

§ 1º As doses por unidade de incorporação (coeficientes de dose), para a estimativa da dose efetiva comprometida para ingestão e inalação de radionuclídeos e os coeficientes de dose para dose externa, devem ser obtidas em publicações atualizadas da ICRP.

§ 2º Os fatores de ocupação, as taxas de ingestão e inalação devem estar baseadas em dados locais, regionais ou nacionais. Na impossibilidade da obtenção desses dados, devem ser utilizados os recomendados pela AIEA.

§ 3º Quando a forma química da substância radioativa ou radionuclídeo não for conhecida, deve ser usado o valor mais restritivo na estimativa da dose efetiva comprometida.

Art. 8º Com relação as categorias de idade para estimar a dose efetiva anual prospectiva para a pessoa representativa (ou membro do grupo crítico) recomenda-se o uso de 3 categorias de idade, infantil (de 0 a 5 anos), criança (de 6 a 15 anos) e adultos (de 16 a 70 anos).

Parágrafo único. Os coeficientes de dose e dados de hábitos para um bebê de 1 ano, uma criança de 10 anos e um adulto devem ser usados para representar as três categorias de idade e são suficientes para caracterizar o impacto radiológico de uma fonte.

Gestão da Qualidade do PMRA

Art. 9º O programa de gestão da qualidade do PMRA deve ser estabelecido dentro do Sistema de Gestão da Qualidade da instalação, de forma que nos procedimentos estejam descritos, no mínimo:

I - estruturas envolvidas e atribuições de responsabilidades;

II - qualificação, treinamento e reciclagem;

III - procedimentos e instruções operacionais envolvidas na execução do programa de monitoração;

IV - rastreamento e controle das amostras coletadas;

V - controle da qualidade das técnicas de amostragem, conservação, armazenamento de amostras e medição, incluindo os programas de intercomparação e os códigos computacionais usados; e

VI - procedimentos para revisão, análise, relato e arquivamento dos resultados.

ANEXO I

CRITÉRIOS PARA AÇÕES PROTETORAS EM RESPOSTA À EMERGÊNCIA

TABELA I-I - CRITÉRIOS GENÉRICOS PARA DOSES RECEBIDAS DENTRO DE UM CURTO PERÍODO PARA QUE AÇÕES PROTETORAS E OUTRAS AÇÕES DE RESPOSTA SEJAM EXECUTADAS SOB QUALQUER CIRCUNSTÂNCIA EM UMA EMERGÊNCIA PARA EVITAR OU MINIMIZAR SEUS EFEITOS DETERMINÍSTICOS

| Exposição externa aguda (<10 h) | | <p><u>Se a dose é projetada:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Execute ações protetoras urgentes preventivas ^{(j), (k) e (l)} imediatamente (mesmo sob as condições de dificuldades) para manter as doses abaixo dos critérios genéricos; - Forneça informações e avisos públicos; - Realize descontaminação urgente. <p><u>Se a dose foi recebida:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Realize exame médico imediato, consulta médica e tratamento médico indicado; - Realizar controle de contaminação; - Realizar eliminação do corpo imediata (se aplicável) ^(g); - Realizar registro para acompanhamento médico de longo prazo; - Fornecer aconselhamento psicológico abrangente. |
|--|--|--|
| DA _{medula óssea vermelha} ^(a) | 1 Gy | |
| DA _{feto} | 0,1 Gy ^(b) | |
| DA _{tecido} ^(c) | 25 Gy a 0,5 cm | |
| DA _{pele} ^(d) | 10 Gy a 100 cm ² | |
| Exposição interna aguda devido a uma ingestão aguda ($\Delta = 30$ dias) ^(e) | | |
| DA(Δ) _{medula óssea vermelha} | 0,2 Gy para radionuclídeos com número atômico $Z \geq 90$ ^(f) 2 Gy para radionuclídeos com número atômico $Z \leq 89$ ^(f) | |
| DA(Δ) _{tireoide} | 2 Gy | |
| DA(Δ) _{pulmão} ^(h) | 30 Gy | |
| DA(Δ) _{colon} | 20 Gy | |
| DA(Δ') _{feto} ⁽ⁱ⁾ | 0,1 Gy ^(b) | |

Fonte: IAEA GSR Part 3 (2014) e Part 7 (2015)

- (a) DA_{medula óssea vermelha} representa a dose absorvida média ponderada por EBR para tecidos ou órgãos internos (por exemplo, medula óssea vermelha, pulmão, intestino delgado, gônadas, tireoide) e para o cristalino do olho da exposição em um campo uniforme de radiação fortemente penetrante.
- (b) Em 0,1 Gy, haveria apenas uma probabilidade muito pequena de efeitos determinísticos graves para o feto e apenas durante certos períodos pós-concepção (por exemplo, entre 8 e 15 semanas de desenvolvimento intrauterino) e somente se a dose for recebida em altas taxas de dose. Durante outros períodos pós-concepção e para taxas de dose mais baixas, o feto é menos sensível. Há uma alta probabilidade de efeitos determinísticos graves em 1 Gy. Portanto, 1 Gy é usado como critério genérico para doses no feto recebidas dentro de um curto período de tempo: (i) na avaliação de perigo, para identificar instalações e atividades, áreas no local, áreas e locais externos para os quais uma emergência nuclear ou radiológica possa justificar ações protetoras urgentes preventivas para evitar ou minimizar efeitos determinísticos graves; (ii) para identificar situações em que a exposição é perigosa para a saúde; e (iii) para fazer arranjos pela aplicação de decisões sobre ações protetoras urgentes e outras ações de resposta a serem efetivadas nos locais externos para evitar ou minimizar a ocorrência de efeitos determinísticos graves (por exemplo, estabelecendo uma zona de ação preventiva).
- (c) Dose fornecida a 100 cm² a uma profundidade de 0,5 cm sob a superfície do corpo no tecido devido ao contato próximo a uma fonte radioativa (por exemplo, fonte transportada na mão ou no bolso).
- (d) A dose é na derme de 100 cm² (estruturas da pele a uma profundidade de 40 mg/cm² (ou 0,4 mm) abaixo da superfície).
- (e) DA (Δ) é a dose absorvida ponderada em EBR administrada durante um período de tempo Δ pela ingestão (I_{05}) que resultará em um efeito determinístico grave em 5% dos indivíduos expostos. Esta dose é calculada como descrito no *Dangerous Quantities of Radioactive Material (D-values), Emergency Preparedness and Response Series*, EPR-D-VALUES 2006, IAEA, Vienna (2006).

- (f) Diferentes critérios genéricos são usados para levar em conta a diferença significativa na dose absorvida ponderada na EBR da exposição nos valores-limites de ingestão, específicos para esses dois grupos de radionuclídeos.
- (g) Eliminação do corpo é a ação dos processos biológicos, facilitada por substâncias químicas ou biológicas, pelos quais os radionuclídeos incorporados são removidos do corpo humano. O critério genérico para a eliminação do corpo é baseado na dose projetada sem eliminação do corpo.
- (h) Para os fins desses critérios genéricos, "pulmão" significa a região alveolar-intersticial do trato respiratório.
- (i) Para este caso em particular, " Δ " refere-se ao período de desenvolvimento do embrião e feto no útero.
- (j) Ação protetora inicial - ação protetora utilizada no caso de uma emergência nuclear ou radiológica, como relocação ou restrição de curto e médio prazos (dias a semanas) do consumo de alimentos potencialmente afetados, antes de uma caracterização do impacto causado pelo acidente.
- (k) Ação protetora urgente - uma ação protetora no caso de uma emergência nuclear ou radiológica que deve ser tomada prontamente (geralmente dentro de algumas horas a um dia) para ser eficaz, e cuja eficácia será significativamente reduzida se atrasada. As ações protetoras urgentes incluem bloqueio da tireoide com iodo, evacuação, abrigagem de curto prazo, ações para reduzir a ingestão inadvertida, descontaminação de indivíduos e prevenção da ingestão de alimentos, leite e água potável possivelmente com contaminação.
- (l) Ação protetora urgente preventiva - uma ação protetora urgente tomada antes ou logo após uma liberação de material radioativo, ou uma exposição, com base nas condições prevalecentes para evitar efeitos determinísticos.

TABELA I-II(a) - CRITÉRIOS GENÉRICOS PARA AÇÕES PROTETORAS E OUTRAS AÇÕES DE RESPOSTA EM EMERGÊNCIA PARA REDUZIR O RISCO DE EFEITOS ESTOCÁSTICOS

| Critérios genéricos | | Ações protetoras e outras ações de resposta ^(a) |
|--|---|--|
| Dose projetada que excede os seguintes critérios genéricos: Execute ações protetoras urgentes e outras ações de resposta | | |
| H _{tireoide} | 50 mSv nos primeiros 7 dias ^(b) | Bloqueio (profilaxia) da tireoide por iodo ^(c) |
| E ^(d) | 100 mSv nos primeiros 7 dias 10 mSv para abrigagem (dose evitada pela ação protetora no período máximo de 2 dias) ^(e) | Evacuação ^(e) Abrigagem ^(e) , prevenção de ingestão inadvertida; restrições de alimentos, leite e água e restrições à cadeia alimentar e suprimento de água potável; restrições sobre mercadorias que não sejam comida; controle da contaminação; registro da descontaminação; garantir a confiança do público. |
| H _{feto} ^(f) | 100 mSv nos primeiros 7 dias | |
| Dose projetada que excede os seguintes critérios genéricos: Realize ações protetoras iniciais e outras ações de resposta | | |
| E ^(d) | 100 mSv no primeiro ano | Relocação (reassentamento) temporária; Prevenção de ingestão inadvertida; restrições de alimentos, leite e água potável e restrições à cadeia alimentar e suprimento de água potável; restrições sobre mercadorias que não sejam alimento; controle da contaminação; registro da descontaminação; garantia da confiança do público. |
| H _{feto} ^(f) | 100 mSv por todo o período de desenvolvimento no útero | |
| Dose recebida e que excede os seguintes critérios genéricos: Executar ações médicas de longo prazo para detectar e tratar efetivamente a saúde dos efeitos induzidos por radiação | | |
| E ^(d) | 100 mSv em um mês | Rastreio de saúde ^(h) com base em doses equivalentes em órgãos radiosensíveis específicos, como base para acompanhamento médico a longo prazo, registro e aconselhamento. |
| H _{feto} ^(f) | 100 mSv por todo o período de desenvolvimento no útero | Aconselhamento para permitir que decisões informadas sejam tomadas em circunstâncias individuais |

Fonte: IAEA GSR Part 3 (2014) e Part 7 (2015)

(a) Esses exemplos não são exaustivos nem agrupados de maneira mutuamente exclusiva.

(b) A dose equivalente na tireoide (H_{tireoide}) apenas devido à exposição ao radioiodo.

(c) Este critério genérico aplica-se apenas à administração de bloqueio da tireoide com iodo. Para a tireoide, o bloqueio de iodo é uma ação protetora urgente prescrita: (a) se houver exposição devido ao iodo radioativo, (b) antes ou logo após a liberação de iodo radioativo, e (c) dentro de um curto período antes ou depois da ingestão de iodo.

(d) Dose efetiva.

- (e) Como ação protetora menos perturbadora, a abrigagem pode ser solicitada em doses mais baixas, desde que justificada e otimizada, com a devida consideração do nível de referência. A abrigagem não é recomendada por um período superior a 2 (dois) dias.
- (f) H_{feto} é a dose equivalente no feto, derivada como a soma da dose de exposição externa e a dose equivalente máxima comprometida a qualquer órgão do embrião ou feto da ingestão pelo embrião ou feto de diferentes compostos químicos e diferentes épocas em relação à concepção.
- (g) Restrições a alimentos, leite e água potável, usando esses critérios genéricos, devem ser aplicadas antes da amostragem e análise de alimentos, leite e água potável. Tais restrições se aplicam desde que sejam substituídos alimentos, leite e água potável, ou então existem alternativas para garantir que não resultem em desnutrição grave, desidratação ou outros graves impactos à saúde.
- (h) Quando os resultados da triagem de saúde indicarem que os critérios da Tabela I foram excedidos, atenção médica adequada é necessária com base na Tabela I.

TABELA I-II(b) CRITÉRIOS GENÉRICOS PARA ALIMENTOS, LEITE E BEBIDAS, ÁGUA E OUTRAS MERCADORIAS PARA REDUZIR O RISCO DOS EFEITOS ESTOCÁSTICOS

| Critérios genéricos | | Ações protetoras e outras ações de resposta |
|---|---|--|
| Dose projetada da ingestão de alimentos, leite e água potável e do uso de outras mercadorias que excedam os seguintes critérios genéricos: Execute ações protetoras e outras ações de resposta | | |
| E ^(a) | 10 mSv no primeiro ano | Restrinja o consumo, distribuição e venda de alimentos não essenciais ^(b) , leite e água potável ^(c) e restringir o uso e a distribuição de outras mercadorias. Substitua alimentos essenciais, leite e água potável o mais rápido possível ou realocar as pessoas afetadas se substituições não estão disponíveis. Estimar as doses daqueles que podem ter consumido comida, leite e água potável ou usado outras mercadorias, para determinar se isso pode ter resultado em doses, garantindo assistência médica de acordo com Tabela II(a) |
| H _{feto} ^(d) | 10 mSv por todo o período de desenvolvimento no útero | |

Fonte: IAEA GSR Part 7 (2015)

(a) Dose efetiva.

(b) A restrição de alimentos, leite ou água potável essenciais pode resultar em desidratação, desnutrição ou outros graves impactos à saúde; portanto, alimentos essenciais, leite e água devem ser restringidos apenas se houver alternativas disponíveis.

(c) Estes critérios para ações sobre alimentos, leite e água potável são aplicados, desde que a amostragem e a análise de alimentos, leite e água potável são executadas. Isso também fornece uma base para interromper as restrições impostas a alimentos, leite e água potável como precaução com base nos critérios genéricos da Tabela II(a).

(d) H_{feto} é a dose equivalente no feto derivado como a soma da dose da exposição externa e a dose equivalente máxima comprometida a qualquer órgão, da ingestão pelo embrião ou feto de diferentes compostos químicos e tempos diferentes em relação à concepção.

TABELA I-II(c) - CRITÉRIOS GENÉRICOS PARA VEÍCULOS, EQUIPAMENTOS E OUTROS ITENS PARA REDUZIR O RISCO DE EFEITOS ESTOCÁSTICOS

| Critérios genéricos | | Ações protetoras e outras ações de resposta |
|---|---|--|
| Dose projetada do uso de veículos, equipamentos ou outros itens de uma área afetada que exceder os seguintes critérios genéricos: | | Execute ações protetoras e outras ações de resposta |
| E ^(a) | 10 mSv | <p>No primeiro ano restrinja o uso não essencial ^(b). Use veículos essenciais, equipamentos e outros itens de uma área afetada até que as substituições estejam disponíveis, desde que:</p> <p>(a) seu uso não resulte em doses de todas as vias de exposição excedendo os critérios genéricos dada na Tabela I-II(a) para um indivíduo do público ou os valores de orientação fornecidos no art. 113 restringindo a exposição de trabalhadores de emergência; e (b) ações são executadas para controlar a dose para o usuário como um trabalhador de emergência, ajudante em uma emergência ou um membro do público, conforme o caso. Estimar doses para aqueles trabalhadores de emergência, ajudantes em uma emergência e membros do público que podem ter usado um veículo, equipamento ou outro item de uma área afetada para determinar se isso poderia ter resultado em uma dose que justifica atenção médica de acordo com a Tabela I-II (a).</p> |
| H _{feto} ^(c) | 10 mSv por todo o período de desenvolvimento no útero | |

Fonte: IAEA GSR Part 7 (2015)

^(a) Dose efetiva.

^(b) Restringir o uso de veículos, equipamentos e outros itens de uma área afetada pode interferir na execução de ações protetoras urgentes e outras ações de resposta ou no fornecimento de serviços essenciais para a saúde pública ou bem-estar (por exemplo, restringindo o uso de veículos para transferência de indivíduos que requerem tratamento médico crítico).

^(c) H_{feto} é a dose equivalente no feto derivado como a soma da dose da exposição externa e a dose equivalente máxima comprometida a qualquer órgão, da ingestão pelo embrião ou feto de diferentes compostos químicos e tempos diferentes em relação à concepção.

TABELA I-III - VALORES DE ORIENTAÇÃO PARA RESTRIÇÃO DE EXPOSIÇÃO DE TRABALHADORES DE EMERGÊNCIA

| Tarefas | Valor de orientação ^a |
|---|--|
| | Hp(10) |
| Ações que salvam vidas | <p><500 mSv</p> <p>Este valor pode ser ultrapassado nas circunstâncias em que os benefícios esperados a outros claramente superam os próprios riscos à saúde do trabalhador de emergência, e os trabalhadores de emergência voluntários para executar a ação entendem e aceitam esses riscos à saúde.</p> |
| Ações para prevenir efeitos determinísticos severos e ações para prevenir o desenvolvimento de condições catastróficas que podem afetar significativamente as pessoas e o meio ambiente | < 500 mSv |
| Ações para evitar uma grande dose coletiva | < 100 mSv |

Fonte: IAEA GSR Part 3, 2014, IAEA GSR Part 7, 2015

^a Esses valores se aplicam apenas para a dose devida à exposição externa muito penetrante à radiação. Doses devida à exposição externa à radiação pouco penetrante e da ingestão ou a contaminação da pele devem ser evitadas por todos os meios possíveis. Se isso não for viável, a dose efetiva e a dose equivalente a um tecido ou órgão que são recebidos devem ser limitadas para minimizar o risco para a saúde do indivíduo de acordo com o risco associado aos valores de orientação dados aqui.

ANEXO J

CATEGORIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES

| Categorias | Descrição |
|-------------------|---|
| I | Instalações, como usinas de geração nuclear, para as quais eventos da base de projeto e acidentes severos são postulados, que podem dar origem a graves efeitos determinísticos fora do sítio ou local da usina que justificariam ações de proteção urgentes preventivas, ações de proteção urgentes ou ações de proteção antecipadas, e outras ações de resposta para atingir os objetivos de resposta de emergência de acordo com os padrões normativos internacionais e nacionais, ou para as quais tais eventos ocorreram em instalações similares. |
| II | Instalações, como alguns tipos de reatores de pesquisa, instalações do ciclo do combustível e reatores nucleares usados para fornecer energia para a propulsão de embarcações (por exemplo, navios e submarinos), para os quais eventos no local são postulados que poderiam dar origem a doses para as pessoas fora do sítio ou local da instalação que justificaria ações de proteção urgentes ou ações de proteção antecipadas e outras ações de resposta para atingir os objetivos de resposta de emergência de acordo com os padrões normativos nacionais e internacionais, ou para os quais tais eventos ocorreram em instalações semelhantes. A Categoria II (em oposição à categoria I) não inclui instalações para as quais eventos no local (incluindo aqueles não considerados no projeto ou acidentes severos) são postulados, que podem dar origem a graves efeitos determinísticos fora do local, ou para os quais tais eventos ocorreram em instalações semelhantes. |
| III | Instalações, como instalações de irradiação industrial ou alguns hospitais, para os quais eventos no local são postulados que podem justificar ações de proteção e outras ações de resposta no local para atingir os objetivos de resposta de emergência de acordo com os padrões normativos internacionais e nacionais, ou para os quais tais eventos ocorreram em instalações semelhantes. A Categoria III (em oposição à categoria II) não inclui instalações para as quais eventos são postulados que podem justificar ações de proteção urgente ou ações de proteção antecipadas ou antecipadas fora do local, ou para as quais tais eventos tenham ocorrido em instalações semelhantes. |
| IV | Atividades e atos que podem dar origem a uma emergência nuclear ou radiológica que poderia justificar ações de proteção e outras ações de resposta para alcançar os objetivos de resposta a emergências de acordo com os padrões normativos internacionais e nacionais em um local imprevisto. Essas atividades e atos incluem: (a) transporte de material radioativo ou nuclear e outras atividades autorizadas envolvendo dispositivos móveis perigosos, como fontes de radiografia industrial, fontes de satélites e geradores termoeletrônicos com radioisótopos; e (b) roubo de fonte perigosa e uso de dispositivo de exposição radiológica (DER) ^(a) . Esta categoria também inclui: (i) detecção de níveis elevados de radiação de origem desconhecida ou de mercadorias com contaminação; (ii) identificação de sintomas clínicos devido à exposição à radiação; e (iii) uma emergência transnacional ^(b) que não está na categoria V decorrente de uma emergência nuclear ou radiológica em outro País. A Categoria IV representa um nível de perigo que se aplica a todos estados e jurisdições. |
| V | Áreas dentro de zonas de planejamento de emergência e distâncias de planejamento de emergência em um País para uma instalação da categoria I ou II localizada em outro País. |

Fonte: Adaptado de IAEA GSR Part 7 (2015)

- (a) Um DER é um dispositivo com material radioativo projetado para expor intencionalmente membros do público à radiação. Eles podem ser dispositivos fabricados, modificados ou improvisados.
- (b) Emergência nacional é uma emergência nuclear ou radiológica de significância real, potencial ou percebida por um país.

ANEXO K

NÍVEIS DE REFERÊNCIA PARA SITUAÇÃO DE EXPOSIÇÃO EXISTENTE

| Tipo de Situação de Exposição | Nível de Referência |
|--|-------------------------|
| ²²² Rn em ambientes internos:* | |
| Locais de trabalho (fator de equilíbrio de 0,4 e ocupação de 2.000 horas) | 1.000 Bq/m ³ |
| Residências e edifícios de uso misto (fator de equilíbrio de 0,4 e ocupação de 7.000 horas) | 300 Bq/m ³ |
| Locais com passivo ambiental (<i>legacy sites</i>) e pós-acidente | 1 a 20 mSv/a ** |
| Instalações que processam materiais contendo radionuclídeos naturais tais como indústria de mineração e beneficiamento, e instalações para exploração e produção de óleo e gás | 1 a 5 mSv/a ** |
| Tripulação de aeronaves exposta a raios cósmicos | 5 mSv/a |
| Radionuclídeos de origem natural em commodities | 1 mSv/a |

* Estes valores de referência correspondem a uma estimativa de dose efetiva de 10 mSv/a.

** Dose público

ANEXO L

NÍVEIS DE INVESTIGAÇÃO E DE REFERÊNCIA PARA RADIOATIVIDADE EM ÁGUA POTÁVEL

1. OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO

1.1 O objetivo deste anexo é estabelecer uma metodologia para a aplicação dos níveis de referência e de investigação para situação de exposição existente, quando os níveis de triagem de atividade alfa e beta total forem excedidos, decorrentes da presença de radionuclídeos na água usada para consumo humano, e fundamentar o padrão de radioatividade da portaria de potabilidade do Ministério da Saúde (Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021).

1.2 Este anexo não se aplica a situação de exposição de emergência, e considera, apenas, os aspectos radiológicos do padrão de potabilidade da água. Outros aspectos, como aqueles relacionados à toxidez química e biológica, entre outros, são estabelecidos pelo Ministério da Saúde (MS).

2. PADRÃO DE RADIOATIVIDADE DA PORTARIA DE POTABILIDADE DA ÁGUA DO MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS)

2.1 Padrão de radioatividade da portaria de potabilidade da água para consumo humano do Ministério da Saúde estabelece que *“os níveis de triagem usados na avaliação da potabilidade da água, do ponto de vista radiológico, são os valores de concentração de atividade que não excedam 0,5 Bq/L para atividade alfa total e 1,0 Bq/L para beta total.*

§1º Caso os níveis de triagem de beta total sejam superados, deverá ser subtraída a contribuição do K-40 (emissor beta).

§2º Caso as concentrações de atividades de alfa ou de beta total, após a subtração do K-40, permaneçam acima dos níveis de triagem citados neste artigo, outra amostra deverá ser coletada e analisada para alfa e beta total.

§3º Se os novos valores obtidos continuarem acima dos níveis de triagem, consultar regulamento específico da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) para saber como proceder nessa situação;

§4º A CNEN poderá solicitar a análise específica de radionuclídeos naturais e/ou artificiais potencialmente presentes na água, assim como outras informações relevantes.

§5º A CNEN avaliará sobre a potabilidade do ponto de vista radiológico, com base na dose total estimada devido à ingestão de água contendo todos os radionuclídeos presentes.

§6º Até que a CNEN avalie a potabilidade da água do ponto de vista radiológico, nenhuma medida de restrição ao abastecimento com base no aspecto radiológico deve ser adotada, considerando as elevadas incertezas que podem estar associadas às técnicas para determinação de alfa e beta total.

§7º As amostras para avaliação radiológica devem ser coletadas nas águas que serão distribuídas para o consumo humano.

2.2 Cabe a CNEN, através deste anexo estabelecer as ações a serem implementadas quando os níveis de triagem usados na avaliação da potabilidade da água do ponto de vista radiológico forem excedidos, usando como critério de dose os níveis de referência e de investigação em consonância com a regulamentação descrita acima.

3. REGULAMENTAÇÃO DO QUESITO RADIOATIVIDADE DA NORMA DE POTABILIDADE

3.1 O Setor Saúde de acordo com o arcabouço normativo e a estrutura organizacional do Sistema Único de Saúde (SUS), em consonância com a Constituição Federal de 1988, a Lei nº 8.080/1990 e o Decreto nº 79.367/1977, é a entidade competente no que se refere à normatização e à fiscalização da água para consumo humano. Esta regulamentação é estabelecida pela Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde. Com relação ao aspecto radiológico, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) será consultada para subsidiar a decisão sobre a respectiva potabilidade.

3.2 A toxidez química do urânio (elemento radioativo) é preponderante em relação à toxidez radiológica, sendo controlado na referida Portaria do Ministério da Saúde, tanto como um contaminante químico como um possível contaminante radioativo a ser incluído no cálculo da dose radiológica (avaliado pela CNEN).

4. ESTIMATIVA DA DOSE EFETIVA DEVIDO À INGESTÃO DE ÁGUA CONTENDO RADIONUCLÍDEOS

4.1 A água usada para o consumo pode conter radionuclídeos naturais e artificiais com possibilidade de causar riscos adicionais à saúde humana. Do ponto de vista radiológico, a potabilidade da água é avaliada a partir da dose de radiação que poderá ser potencialmente recebida pela população ao fazer uso dessa água.

4.2 A ingestão é a via de exposição considerada para o cálculo de dose efetiva devido a exposição interna causada pelo consumo de água contendo radionuclídeos. A dose efetiva comprometida relacionada a esta via de exposição depende da quantidade de água consumida e da concentração de atividade dos radionuclídeos presentes nesta água. Desta forma, a dose efetiva devido à ingestão de água (somatório das doses estimadas separadamente para cada radionuclídeo) pode ser calculada através da seguinte equação:

$$D_{ing} = \sum_j TI_{\text{água}} \times C_{\text{água}}^j \times FCD_{ing}^j$$

Onde,

D_{ing} é a dose efetiva anual devido à ingestão de água (Sv/ano);

$TI_{\text{água}}$ é a taxa de ingestão anual de água por um indivíduo do público (L/ano);

$C_{\text{água}}^j$ é a concentração de atividade do radionuclídeo j na água potável (Bq/L);

FCD_{ing}^j é o fator de conversão de dose para ingestão do radionuclídeo j (Sv/Bq);

4.3 Na ausência de informação sobre as taxas de consumo de água local, deverão ser utilizados valores anuais conservativos para ingestão, isto é, de 730 L/ano para indivíduos adultos, referente a um consumo diário de água de 2 L. A critério da CNEN, outras faixas etárias podem ser consideradas na avaliação da dose.

4.4 O fator de conversão de dose, para adultos e para exposição interna via ingestão (FCD_{ing}^j), expresso em Sv/Bq, deve ser obtido em publicações atualizadas da ICRP.

5. REGULAMENTAÇÃO DA ÁGUA POTÁVEL (NÍVEL DE REFERÊNCIA E NÍVEL DE INVESTIGAÇÃO)

5.1 Em situação de exposição existente, devido à ingestão de água contendo radionuclídeos, a CNEN estabelece que seja adotado um nível de referência para a dose efetiva igual a 1 mSv/ano, em consonância com as normas básicas de segurança estabelecidas pela Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA

(entidade pertencente à Organização das Nações Unidas). Tal valor assegura um nível de proteção adequado à saúde humana.

5.2 O nível de referência de 1 mSv/ano não deve ser encarado como um limite de dose e sim como um nível de dose acima do qual é julgado não se justificar permitir que ocorram exposições. Contudo, cabe esclarecer que mesmo estando a dose estimada para o público acima do nível de referência, pode não haver necessidade de restrições quanto ao consumo humano.

5.3 A CNEN estabelece que também seja adotado no sistema de proteção radiológico um nível de investigação para a dose efetiva devido à ingestão de água potável igual a 0,1 mSv/ano, abaixo do qual a água potável pode ser consumida sem mais investigações. Entre o nível de investigação e o nível de referência (1 mSv/ano), a otimização da proteção pode ser implementada, dependendo da situação, desde que justificável e racionalmente exequível. O critério de dose adotado pela CNEN pode ser observado no esquema apresentado na Figura 1.

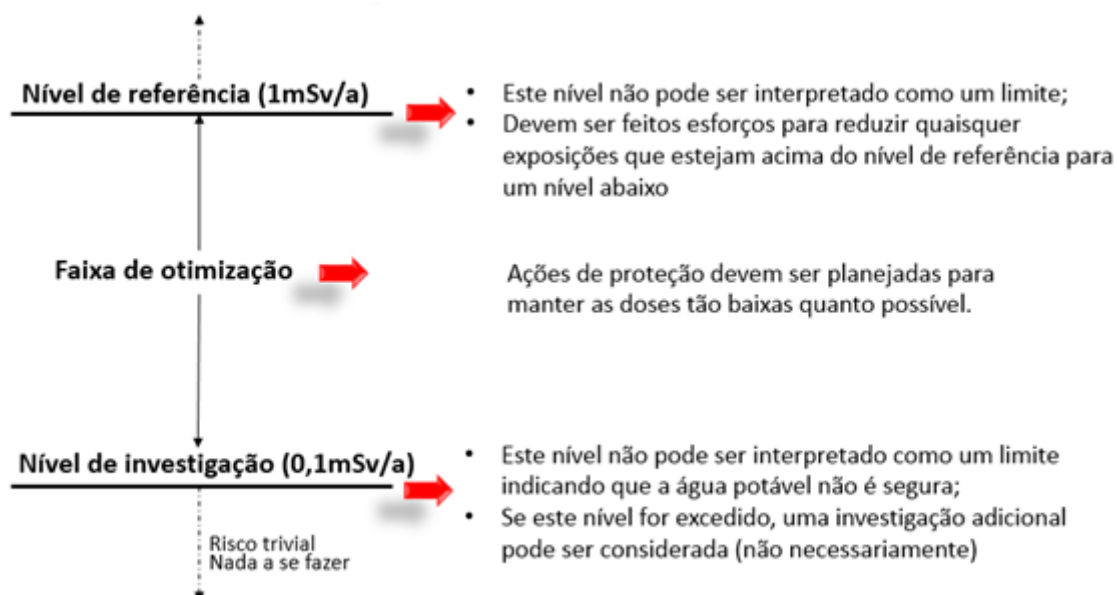


Figura 1 – Critério de dose para radionuclídeos em água potável adotado pela CNEN.

6. PROCEDIMENTOS A SEREM ADOTADAS QUANDO OS NÍVEIS DE TRIAGEM RADIOLÓGICO FOREM EXCEDIDOS

6.1 Informações que devem ser enviadas a CNEN

6.1.1 Caso os níveis de triagem de alfa e beta total sejam excedidos, após a subtração da contribuição do K-40 (emissor beta), e confirmação por meio de uma segunda coleta e análise, os responsáveis pelos sistemas e/ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, por intermédio do Setor Saúde, devem encaminhar, para avaliação pela CNEN, as seguintes informações preliminares:

- Valores medidos de alfa e beta total, incluindo o cálculo de subtração do K-40, e o histórico da determinação de radioatividade do ponto de coleta;

- ii. Dados sobre a forma de abastecimento e local de coleta da amostra de água, contidos no relatório de cadastro do SAA ou SAC gerados pelo Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua).
- iii. Cópia do Plano de Segurança da Água, quando disponível;
- iv. Valores de concentração de atividade dos radionuclídeos específicos naturais da série do urânio-238 (^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra , ^{210}Po e ^{210}Pb) e do tório-232 (^{232}Th e ^{228}Ra) potencialmente presentes na água. A concentração de ^{234}U não precisa ser medida analiticamente, podendo ser considerada, para fins de verificação de conformidade com este Anexo, como sendo igual à do ^{238}U ;
 - a. A determinação dos radionuclídeos deve ser feita em laboratórios que possuam os ensaios de análise de radionuclídeos acreditados pelo INMETRO, com técnicas certificadas, ou participantes de programas de intercomparação ou de controle de qualidade.
 - b. Os relatórios das análises dos radionuclídeos devem ser acompanhados dos documentos que comprovem as certificações dos ensaios de análises realizados pelos laboratórios que geraram os resultados.

6.1.2 A critério da CNEN, outras informações relevantes e/ou a determinação de outros radionuclídeos (naturais ou artificiais) podem ser requeridas.

6.2 Cálculo da dose e emissão de Laudo Radiológico (LR)

6.2.1 A CNEN, após análise da documentação enviada pelo Setor Saúde, realizará a estimativa da dose devido à ingestão de água e fornecerá um Laudo Radiológico (LR). Este LR deverá ser encaminhado ao respectivo Setor Saúde solicitante.

6.2.2 O LR será elaborado considerando a situação de potabilidade da água na época da análise da amostra, condicionada às condições ambientais as quais está submetido o manancial. O LR tem validade de até 5 anos, exceto quando os valores de triagem forem excedidos, requerendo uma nova avaliação.

6.3 Relatório Simplificado de Medidas de Remediação (RSMR)

6.3.1 Se o nível de referência de 1 mSv/ano for excedido, confirmado após nova coleta, análise e estimativa da dose, ou se for necessário a otimização da proteção para doses entre (0,1 e 1) mSv/a, a CNEN poderá julgar necessário que os responsáveis pelos sistemas e/ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água implementem medidas para redução da dose.

6.3.2 Nessa situação, a CNEN informará ao Setor Saúde da necessidade da adoção de medidas mitigadoras, ou de ações remediadoras, e solicitará outras informações sobre os sistemas e/ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água (através da elaboração do Relatório Simplificado de Medidas de Mitigação e Remediação – RSMR). Com base na notificação da CNEN, o Setor Saúde deve adotar medidas para evitar que essas águas sejam oferecidas à população.

6.3.3 As medidas corretivas a serem implementadas devem ser justificadas, considerando que qualquer decisão que altere a situação de exposição à radiação deve produzir o máximo de benefício líquido, que pode ser individual ou social. Uma vez justificada a ação corretiva, a proteção deve ser otimizada, de acordo com as recomendações da CNEN.

6.3.4 O Relatório Simplificado de Medidas de Mitigação e/ou Remediação – RSMR a ser elaborado pelos responsáveis pelos sistemas e/ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água a ser enviado pelo Setor Saúde à CNEN, deve conter as seguintes informações, conforme aplicável:

- i. Descrição simplificada do sistema de abastecimento desde a origem/captação, adução, tratamento, armazenamento, até a distribuição;
- ii. Descrição do ponto de captação, incluindo informações sobre a bacia hidrográfica onde se localiza o manancial, vazão de captação, tipo de aquífero, e perfil construtivo do poço;

- iii. Descrição das medidas de controle implementadas para redução da dose e o desempenho verificado das estratégias adotadas;
- iv. Descrição preliminar do ambiente circunvizinho ao ponto de coleta, com apresentação de mapas (tais como: topográfico, geológico, solos e de uso e cobertura), plantas ou desenhos, em escalas adequadas, indicando a existência de fontes de contaminação;
- v. Programa de monitoramento da qualidade das águas, com foco na determinação dos radionuclídeos especificados pela CNEN.

6.3.5 Após a análise do RSMR e de nova avaliação da dose de radiação obtida após implementação de medidas mitigadoras ou ações de remediação, a CNEN poderá requerer esclarecimentos adicionais e/ou novas medidas de controle.

6.3.6 Depois da adoção de medidas mitigadoras ou de ações remediadoras, a CNEN emitirá um novo LR sobre a potabilidade da água do ponto de vista radiológico, a ser encaminhado ao Setor Saúde.

6.4 Comunicação e fluxograma de atuação

6.4.1 Toda comunicação da CNEN será feita, apenas, com a autoridade regulatória sobre potabilidade da água no Brasil. O fluxograma de atuação pode ser observado na Figura 2.

Todas as correspondências - notificações, relatórios e demais comunicações -, devem ser endereçadas à Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear – DRS da CNEN, exceto quando explicitamente determinado de outra forma.

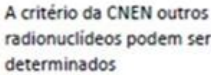


Figura 2 – Fluxograma de atuação para avaliação da potabilidade da água sob o aspecto radiológico.

ANEXO M
VALORES DE NÍVEIS DE INTERVENÇÃO OPERACIONAIS (NIOs)

| NIO | VALORES DE NIO | CRITÉRIO GENÉRICO BASE | TIPO DE MONITORAÇÃO | AÇÕES ^{(h)(u)} SE O NIO É EXCEDIDO ^{(*)(**)} |
|--|--|---|--|--|
| NIO _{1γ} | 1 mSv/h | (Ações Urgentes, E. dose efetiva total ^{(i) (j) (k)} nos primeiros 7 dias) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 (Ações Urgentes, H _{feto.} dose equivalente total ^(l) nos primeiros 7 dias) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | MONITORAÇÃO DO SOLO Taxa equivalente de dose ambiente a 1 m acima do nível do solo em um povoado ou área frequentada ou em uma área usada para agricultura ou pastagem, de forma ideal com pouca ou nenhuma vegetação e longe de estradas, árvores e edifícios. | <u>No primeiro dia:</u> Instrua o público; evacuação com segurança (somente se isso não colocar em risco aqueles que estão sendo evacuados; por exemplo, pacientes em hospitais ou lares de idosos não precisam ser evacuados imediatamente se isto irá colocá-los em risco), se possível, em combinação com o bloqueio da tireoide com iodo ^(t) (apenas se não retardar a evacuação). Se a evacuação imediata não for possível ou segura (por exemplo, para instalações especiais ou devido à neve, inundações ou falta de transporte), instrua o público a se abrigar preferencialmente em grandes edifícios em combinação com o bloqueio da tireoide com iodo ^(t) , até que uma evacuação segura seja possível. Uma vez evacuado, fornecer registro, monitoração de pele e tireoide (usando NIO _{4γ} e NIO _{8γ}), Descontaminação e triagem médica para os evacuados. Instrua-os a tomar banho e trocar de roupas, se isso puder ser feito com segurança (por exemplo, não troque de roupa ou tome banho em temperaturas frias). A monitoração da tireoide e pele não é essencial e não justifica o adiamento de outras ações de resposta urgente. Execute também as ações de resposta indicadas para NIO _{3γ} . <u>Algumas semanas após o início da exposição:</u> Estime a dose de todas as vias de exposição para aqueles que estavam na área para determinar se o acompanhamento médico é garantido. |
| NIO _{1α,β} (somente para instalações categorias II e III do anexo J da Norma CNEN-NN-3.01) | 2000 cps para beta (β) direta 50 cps para alfa (α) direta | (Ações Urgentes, E. dose efetiva total ^{(i) (j) (k)} nos primeiros 7 dias) = 0,1 Sv, conforme tabela II(a) (Ações Urgentes, H _{feto.} dose equivalente total ^(l) nos primeiros 7 dias) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | MEDIÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DE SUPERFÍCIE OU SOLO Taxa de contagem alfa a 0,5 cm do solo ou da superfície Taxa de contagem beta a 10 cm do solo ou superfície | |

| NIO | VALORES DE NIO | CRITÉRIO GENÉRICO BASE | TIPO DE MONITORAÇÃO | AÇÕES ^{(h)(u)} SE O NIO É EXCEDIDO ^(*) (**) |
|--|--|---|--|--|
| NIO2 _γ | 100 μSv/h ou 0,1 mSv/h (nos primeiros 10 dias após o desligamento ^(a) do reator) (pluma ou deposição) | (Ações Iniciais, E. dose efetiva total ^{(i) (j) (k)} em 1 ano) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | MONITORAÇÃO DO SOLO Taxa equivalente de dose ambiente a 1 m acima do nível do solo em um povoado ou área frequentada ou em uma área usada para agricultura ou pastagem, de forma ideal com pouca ou nenhuma vegetação e longe de estradas, árvores e edifícios. | <u>Algumas semanas após o início da exposição:</u> Cadastre aqueles que vivem na área. Realoque com segurança aqueles que vivem na área (ou seja, não coloque em risco aqueles que estão sendo realocados). Priorizar aqueles nas áreas de maior exposição potencial, garantindo que aqueles que estão nas áreas que se aproximam de NIO1 _γ serão realocados pelo menos nos primeiros dias e aqueles nas áreas que se aproximam de NIO2 _γ serão realocados pelo menos no primeiro mês. Estime a dose de todas as vias de exposição para aqueles que viviam nas áreas para determinar se o acompanhamento médico é garantido. Execute também as ações de resposta indicadas para NIO3 _γ . |
| | 25 μSv/h (depois de 10 dias após o desligamento ^(a) do reator ou para combustível irradiado) | (Ações Iniciais, H _{feto} . dose equivalente total ^(l) no período total de desenvolvimento no útero) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | | |
| NIO2 _{α,β} (somente para instalações categorias II e III do anexo J da Norma CNEN-NN-3.01) | 200 cps para beta (β) direta 10 cps para alfa (α) direta | (Ações Iniciais, E. dose efetiva total ^{(i) (j) (k)} em 1 ano) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 (Ações Iniciais, H _{feto} . dose equivalente total ^(l) no período total de desenvolvimento no útero) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | MEDIÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DE SUPERFÍCIE OU SOLO Taxa de contagem alfa a 0,5 cm do solo ou da superfície Taxa de contagem beta a 10 cm do solo ou superfície | <u>Algumas semanas após o início da exposição:</u> Cadastre aqueles que vivem na área. Realoque com segurança aqueles que vivem na área (ou seja, não coloque em risco aqueles que estão sendo realocados). Priorizar aqueles nas áreas de maior exposição potencial, garantindo que aqueles que estão nas áreas que se aproximam de NIO1 _γ serão realocados pelo menos nos primeiros dias e aqueles nas áreas que se aproximam de NIO2 _γ serão realocados pelo menos no primeiro mês. Estime a dose de todas as vias de exposição para aqueles que viviam nas áreas para determinar se o acompanhamento médico é garantido. Execute também as ações de resposta indicadas para NIO3 _γ . |
| NIO3 _γ ^(b) | 1 μSv/h acima da radiação de fundo | (Ingestão, e _{ingestão} . dose efetiva comprometida ^(m) ⁽ⁿ⁾ em 1 ano) = 0,01 Sv, conforme tabela I-II(b) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 (Ingestão, h _{feto} , ingestão, dose equivalente total | MONITORAÇÃO DO SOLO Taxa equivalente de dose ambiente a 1 m acima do nível do solo em um povoado ou área frequentada ou em uma área usada para agricultura ou pastagem, de forma ideal com pouca ou nenhuma | <u>Algumas semanas após o início da exposição:</u> Estime a dose de todas as vias de exposição para aqueles que podem ter consumido produtos locais, produtos cultivados na natureza, leite de animais de pasto, coleta direta da água da chuva e animais locais da área onde as restrições foram executadas para determinar se |

| NIO | VALORES DE NIO | CRITÉRIO GENÉRICO BASE | TIPO DE MONITORAÇÃO | AÇÕES ^{(h)(u)} SE O NIO É EXCEDIDO ^{(*)(**)} |
|--|---|---|---|--|
| | | no período total de desenvolvimento no útero) = 0,01 Sv, conforme tabela I-II(b) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | vegetação e longe de estradas, árvores e edifícios. | o acompanhamento médico é garantido. |
| NIO3 _{α,β} (somente para instalações categorias II e III do anexo J da Norma CNEN-NN-3.01) | 20 cps para beta (β) direta 2 cps para alfa (α) direta | (Ingestão, c _{ingestão} ·dose efetiva comprometida ^(m) ⁽ⁿ⁾ em 1 ano) = 0,01 Sv, conforme tabela I-II(b) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 (Ingestão, h _{feto} ·ingestão, dose equivalente total no período total de desenvolvimento no útero) = 0,01 Sv, conforme tabela I-II(b) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | MEDIÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DE SUPERFÍCIE OU SOLO Taxa de contagem alfa a 0,5 cm do solo ou da superfície Taxa de contagem beta a 10 cm do solo ou superfície | |
| NIO4 _γ ^(c) | 1 μSv/h | (Dose Aguda, DA _{pele} -externa ⁽ⁱ⁾ , <10h) = 10 Gy, conforme tabela I-I do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 (Ações Urgentes, E. dose efetiva total ⁽ⁱ⁾ ^(j) ^(k) nos primeiros 7 dias) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 (Ações Urgentes, H _{feto} ·dose equivalente total ^(l) nos primeiros 7 dias) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | MONITORAÇÃO DA PELE Taxa equivalente de dose ambiente a 10 cm da pele nua da mão e do rosto | <u>Para aqueles que estão sendo monitorados, nas primeiras horas após o início da exposição (antes da monitoração ser executada):</u> A principal preocupação do material radioativo na pele é a ingestão inadvertida do material. Assim, uma pessoa pode ser protegida tomando medidas simples e sem interrupções como: (a) lavar as mãos antes de beber, comer, fumar ou tocar o rosto; (b) não deixar as crianças brincarem no chão; e (c) evitar atividades que resultem na criação de poeira que possa ser ingerida ou inalada. Instrua para trocar de roupa, lavá-la e tomar banho o mais rápido possível, se isso puder ser feito com segurança. Tranquilize aqueles que tratam e/ou transportam indivíduos contaminados no sentido de que eles podem fazer isso com segurança se eles usarem precauções universais contra infecções (ou seja, luvas, máscaras etc.). |
| NIO4 _β ^(c) | 1.000 cps ^(d) | (Dose Aguda, DA _{pele} -externa ⁽ⁱ⁾ , <10h) = 10 Gy, conforme tabela I-I do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | MONITORAÇÃO DA PELE Taxa de contagem beta a 2 cm da pele nua da mão e do rosto (O uso de NIO4 _γ é preferível em relação | |

| NIO | VALORES DE NIO | CRITÉRIO GENÉRICO BASE | TIPO DE MONITORAÇÃO | AÇÕES ^{(h)(u)} SE O NIO É EXCEDIDO ^{(*)(**)} |
|---|--|--|---|---|
| | | (Ações Urgentes, E. dose efetiva total ^{(i) (j) (k)} nos primeiros 7 dias) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 (Ações Urgentes, H _{feto} . dose equivalente total ^(l) nos primeiros 7 dias) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | a NIO4 _β em reatores de potência) | <u>Nos primeiros dias após o início da exposição:</u> Registre todos aqueles que estão sendo monitorados e registre o resultado da monitoração (se possível). Forneça descontaminação adicional (além das medidas simples de descontaminação para aqueles que devem ser monitorados) por meios considerados adequados e seguros. Monitore a tireoide usando NIO8 _γ . Forneça exames médicos. Instrua para tomar agentes bloqueadores de iodo da tireoide (se ainda não tiver sido tomados e apenas durante os primeiros dias após o desligamento do reator) para reduzir a absorção de radioiodo. Existe a necessidade de orientação do órgão sanitário competente a ser seguida a este respeito. <u>Algumas semanas após o início da exposição:</u> Estime a dose de todas as vias de exposição para aqueles que excedem NIO4 _γ para determinar se o acompanhamento médico é garantido. Se NIO4 _γ ou NIO4 _β não for excedido, verifique NIO8 _γ . |
| NIO4 _α (somente para instalações categorias II e III do anexo J da Norma CNEN-NN-3.01) | 50 cps para alfa (α) direta | (Dose Aguda, DA _{pele} -externa ⁽ⁱ⁾ , <10h) = 10 Gy, conforme tabela I-I do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 (Ações Urgentes, E. dose efetiva total ^{(i) (j) (k)} nos primeiros 7 dias) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 (Ações Urgentes, H _{feto} . Dose equivalente total ^(l) nos primeiros 7 dias) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | MONITORAÇÃO DA PELE Taxa de contagem alfa a 0,5 cm da pele nua da mão e do rosto | |
| NIO7 ^(p) (válido somente para instalações categoria I do Anexo J da Norma CNEN-NN-3.01) | <u>Para alimentos em geral ^(q):</u> 1 kBq/kg de I-131 e 0,2 kBq/kg de Cs-137 <u>Para água e leite ^(q):</u> 0,1 kBq/kg de I-131 e 0,3 kBq/kg de Cs-137 | (Ingestão, C _{ingestão} . dose efetiva comprometida ^(m) ⁽ⁿ⁾ em 1 ano) = 0,01 Sv, conforme tabela I-II(b) ^(q) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 (Ingestão, h _{feto} , ingestão, dose equivalente comprometida total ^{(m) (n)} no período total de desenvolvimento | MONITORAÇÃO DE AMOSTRAS DE ALIMENTOS, LEITE E ÁGUA Concentração de atividade de I-131 ^(f) e Cs-137 ^(f) em amostras de alimentos, leite e água potável (kBq/kg). Concentração de atividade de I-131 ^(f) e Cs-137 ^(f) no solo em kBq/m ² na área | <u>Poucos dias após a obtenção dos resultados:</u> Instrua o público a interromper o consumo, distribuição e venda dos alimentos afetados, leite ou água potável (somente se puder ser executado com segurança). Se a restrição alimentar, leite ou água potável atingir produtos essenciais, substitua estes itens. <u>Algumas semanas após a obtenção dos resultados:</u> Estime a dose de todas as vias de exposição para aqueles que podem ter consumido |

| NIO | VALORES DE NIO | | CRITÉRIO GENÉRICO BASE | TIPO DE MONITORAÇÃO | AÇÕES ^{(h)(u)} SE O NIO É EXCEDIDO ^(*) (**) |
|---|---|--|--|--|--|
| | <u>Para alimentos em geral ^(q):</u> 10 kBq/m ² I-131 e 2 kBq/m ² Cs-137 <u>Para leite ^(q):</u> 2 kBq/m ² I-131 e 10 kBq/m ² Cs-137 | | no útero) = 0,01 Sv, conforme tabela I-II(b) ^(q) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | usada para agricultura ou pastagem. | alimentos, leite ou água potável com concentrações de atividade maiores que NIO7 para determinar se o acompanhamento médico é garantido. |
| NIO8 _γ (válido somente para plantas categoria I do Anexo J da Norma CNEN-NN-3.01) | 0,5 μSv/h acima da radiação de fundo | | (Ações Urgentes, h _{tireoide} , dose equivalente comprometida ^(m) ⁽ⁿ⁾ ^(o)) = 0,1 Sv, conforme tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 | MONITORAÇÃO DA TIREOIDE Taxa equivalente de dose ambiente em frente da tireoide em contato com a pele; Medida na primeira semana após a ingestão de radioiodo; Realizado em área com radiação de fundo inferior a 0,25 μSv / h; Medido depois que a pessoa foi descontaminada e as roupas contaminadas foram removidas; e Medido com um instrumento com uma área de janela efetiva ≤ 15 cm ² e uma resposta de ≥ 0,1 μSv / h (taxa equivalente de dose ambiente na frente da tireoide em contato com a pele) por kBq de atividade de I-131 na tireoide. | Ter em mente que a monitoração da tireoide não justifica atrasar ou interferir em outras ações protetoras urgentes. <u>Imediatamente após a monitoração:</u> Cadastre todos os monitorados e registre o resultado da monitoração. Instrua para tomar agentes bloqueadores de iodo da tireoide para reduzir a absorção adicional de radioiodo (se não já foram tomados e apenas nos primeiros dias após o desligamento do reator). Existe necessidade de orientação do órgão sanitário competente a ser seguida a este respeito. Forneça exames médicos. <u>Algumas semanas após o início da exposição:</u> Estime a dose de todas as vias de exposições para aqueles que excedem NIO8 _γ para determinar se um acompanhamento médico é garantido e se NIO8 _γ não for excedido, registre todos os monitorados e registre o resultado da monitoração (se possível); nenhuma ação adicional é necessária. |
| NIO5 (não é válido para plantas categoria III do Anexo J da Norma CNEN-NN-3.01) | Beta total (β): 100 Bq/kg ou Alfa total (α): 5 Bq/kg | | | MONITORAÇÃO DE AMOSTRAS DE ALIMENTOS, LEITE E ÁGUA Concentração de radionuclídeos. | Igual ou Acima do NIO5: avalie usando NIO6 Abaixo de NIO5: Seguro para consumo durante a fase de emergência |
| NIO6 ^(r) (não é válido para plantas categoria III do Anexo J da Norma CNEN-NN-3.01) | Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-242, Am-241 | 0,01 kBq/kg ^(g) para alimentos de consumo em geral 0,001 kBq/kg ^(g) para água, leite e alimentos infantis | | MONITORAÇÃO DE AMOSTRAS DE ALIMENTOS, LEITE E ÁGUA para grupos de radionuclídeos. | Abaixo: seguro para consumo ^(s) Igual ou Acima: impróprio para consumo ^(s) |
| | Sr-90 | 0,1 kBq/kg para alimentos de consumo em geral, água potável, leite e alimentos infantis | | | |
| | Sr-89, Ru-103, | 1 kBq/kg ^(g) para alimentos de | | | |

| NIO | VALORES DE NIO | | CRITÉRIO GENÉRICO BASE | TIPO DE MONITORAÇÃO | AÇÕES ^{(h)(u)} SE O NIO É EXCEDIDO ^(*) (**) |
|---|-----------------------|---|------------------------|---------------------|---|
| | Cs-134, Cs-137 Ru-106 | consumo em geral, água potável, leite e alimentos infantis | | | |
| | I-131 | 1 kBq/kg para alimentos de consumo em geral 0,1 kBq/kg para água potável, leite e alimentos infantis | | | |
| Fontes: IAEA EPR-NPP-OILs, 2017; IAEA EPR-RESEARCH REACTOR, 2011; IAEA GSG-2, 2011; IAEA-TECDOC-955, 1997 | | | | | |

(*) Se nenhum dos NIOs 1, 2 e 3 é excedido, ajuste as restrições de alimentos, leite e água potável usando NIO7 uma vez que as amostras de alimento, leite e água potável forem coletadas e analisadas. Estes valores de NIOs mantêm a dose abaixo dos Critérios Genéricos para ações protetoras urgentes e iniciais, ações médicas necessárias e restrições ao consumo de alimentos, leite e água potável.

- Tempo após a reação nuclear no núcleo ter sido interrompida.
- A vantagem do NIO3_γ quando comparado com o NIO7 é que, com base no NIO3_γ, as restrições podem ser executadas antecipadamente na emergência (ou seja, quando for mais necessário), estando prontamente disponível e fácil de obter as taxas de dose equivalente no ambiente da deposição no solo.
- A taxa de dose equivalente no ambiente NIO4_γ é suficiente e preferível para avaliar os níveis de material radioativo na pele na liberação de material radioativo de uma usina nuclear ou do seu combustível irradiado, porque é menos dependente da técnica de medição e das características do instrumento. No entanto, a taxa de contagem beta NIO4_β também é fornecida, uma vez que pode ser usada por algumas organizações de resposta para monitoração da pele.
- O valor padrão é fornecido em cps e não em Bq/cm² porque os instrumentos fornecem cps nativamente. Ao fornecer Bq/cm², é feita uma suposição implícita nos radionuclídeos sendo monitorados. No entanto, a mistura de radionuclídeos liberados de uma central nuclear será complexa e mutável, tornando impraticável o uso de Bq/cm².
- O leite é mencionado separadamente devido ao seu papel fundamental nos cânceres de tireoide induzidos por radiação após o acidente na central nuclear de Chernobyl.
- I-131 e Cs-137 servem como radionuclídeos marcadores. Um radionuclídeo marcador é mais fácil de identificar e representativo de todos os outros radionuclídeos presentes, evitando a necessidade de isótopos abrangentes e demoradas análises. A contribuição dos outros radionuclídeos que se espera estarem presentes após a liberação de material radioativo devido a graves danos ao combustível foi considerada.
- Para o caso da presença de vários radionuclídeos dentro do mesmo grupo de tipo de decaimento, a soma das concentrações de atividade de radionuclídeos não deve exceder o valor da concentração do NIO. Por exemplo, se ambos os radionuclídeos emissores alfa Pu-238 e Pu-239 estiverem presentes, então suas concentrações de atividade precisam ser somadas e comparadas a 10 Bq/kg. Se os radionuclídeos estiverem em vários grupos, os níveis de orientação podem exigir um recálculo para contabilizar as contribuições de doses múltiplas.
- As ações de resposta são executadas com base nas doses projetadas. As doses recebidas são usadas para identificar aquelas que justificam ações médicas para detectar e tratar eficazmente os efeitos à saúde induzidos pela radiação.
- A dose efetiva total e a dose absorvida se referem a uma pessoa representativa.
- A dose efetiva total inclui a dose efetiva de exposição externa e a dose efetiva comprometida de ingestão de material radioativo durante o período de exposição de acordo com a Tabela I-II(b) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01.
- A dose efetiva por si só não pode ser usada para garantir que as doses para o órgão específico não possam exceder o limite para efeitos determinísticos resultantes da ingestão (inalação ou ingestão) ou material radioativo na pele. No entanto, mantendo a dose equivalente projetada para o feto abaixo de 100 mSv para os cenários de exposição de interesse irá garantir que a dose ponderada na EBR da ingestão para qualquer órgão ou tecido (incluindo o feto e a pele) não irá exceder os critérios genéricos para efeitos determinísticos, conforme listado na Tabela I-I do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01.

- (l) A dose equivalente total para o feto inclui: (a) a dose equivalente máxima comprometida para qualquer órgão de ingestão para o feto de diferentes compostos químicos e tempo relativo à concepção; e (b) a dose equivalente para o feto por exposição externa durante o período de exposição, de acordo com as Tabelas I-II(a) e (b) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01I.
- (m) Para a notação da dose, uma letra minúscula é usada (ou seja, e, h ou da) para indicar que apenas uma única via de exposição é considerada, em oposição à dose total de todas as vias de exposição relevantes, para as quais uma letra maiúscula é usada (ou seja, E, H ou DA).
- (n) Para todas as doses comprometidas abordadas nesta publicação, o tempo de integração dado nas respectivas referências é usado, isto é, tipicamente 50a para o adulto, 70a para o bebê e o período de desenvolvimento no útero para o feto.
- (o) O critério genérico de 50 mSv dose equivalente comprometida da tireoide dado na Tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01 não foi usado porque se destina à implementação de BTI (bloqueio da tireoide) e não para a identificação urgente daqueles que podem precisar acompanhamento médico. O critério de 100 mSv de dose equivalente comprometida na tireoide para acompanhamento médico foi determinado com base na consideração de: (a) a dose equivalente para o feto garantindo acompanhamento médico conforme fornecido na Tabela I-II(a) (ou seja, 100 mSv); (b) a dose de órgão de controle para o feto para ingestão de iodo sendo a tireoide; e (c) a suposição de que a dose equivalente para a tireoide da mulher grávida é aproximadamente igual à dose equivalente à tireoide fetal.
- (p) Recalcule com base na análise da amostra o mais rápido possível, usando os procedimentos F3 e F5 especificados na Tabela B4 do IAEA-TECDOC-955.
- (q) Estes critérios genéricos são originários da IAEA EPR-NPP-OILs, 2017. Esta publicação utiliza também os mesmos valores de kBq/kg da tabela tanto para alimentos em geral quanto para leite e água e não usa valores em kBq/m². O IAEA-TECDOC-955 adota valores em kBq/m² e valores separados para alimentos em geral e leite/água e foram mantidos na tabela. O valor em kBq/kg para alimentos em geral é o mesmo para ambas as publicações.
- (r) Estes valores de NIO6 são iguais ao da tabela F6 (Níveis de Ações Genéricas da IAEA para Alimentos) do IAEA TECDOC-955. Estes níveis foram mantidos na tabela, pois fazem parte do recálculo citado no item (p) e contém valores menores do que os valores correspondentes da Tabela 10 do IAEA GSG-2 do NIO6, para 10 dos 12 radionuclídeos da tabela F6 citada (dos dois restantes, um é igual e somente para Ru-106 é maior, de 0,6 para 1 kBq/kg). Além disto, contém valores separados para alimentos em geral e leite/água. A Tabela 10 tem cerca de 357 radionuclídeos, incluindo estes 12 da tabela F6. Foram mantidos os valores NIO6 da tabela F6 na tabela I do Guia, pois tem valores menores, porém o uso de outros radionuclídeos da Tabela 10 do IAEA GSG-2 pode ser possível usando o critério no item (s) a seguir. No entanto, os valores adotados por diversos países podem diferir entre si, bem como também podem diferir dos valores do IAEA GSG-2. Também difere o número de radionuclídeos usados em medidas de laboratório para cada país. O IAEA EPR-NPP-OILs (2017) recomenda o uso do NIO7 prioritariamente, ficando em segundo plano o uso do NIO5 e do NIO6. O IAEA EPR-NPP-OILs (2017) calcula o valor do NIO7 com base na liberação de 38 radionuclídeos, incluindo os 12 da Tabela F6, exceto o Pu-242 que é substituído pelo Pu-241.
- (s) O critério (NIO6 excedido) do IAEA GSG-2 para NIO6 é $\sum_i (C_{fi}/NIO6_i) > 1$, considerando a concentração de cada radionuclídeo i, C_{fi} , na comida, leite ou água, em Bq/kg e o limite NIO6_i em Bq/kg de cada radionuclídeo na tabela I do Guia.
- (t) Para a tireoide, o bloqueio de iodo é uma ação protetora urgente prescrita, de acordo com as diretrizes para o uso do iodeto de potássio em emergências nucleares emitidas pelo Ministério da Saúde (a) se houver exposição devido ao iodo radioativo, (b) antes ou logo após a liberação de iodo radioativo, e (c) dentro de um curto período antes ou depois da ingestão de iodo, conforme o critério genérico da Tabela I-II(a) do Anexo I da Norma CNEN-NN-3.01.
- (u) A estratégia de proteção utilizando ações protetoras e Níveis de Intervenção Operacionais (NIOs) para a resposta a uma emergência nuclear ou radiológica está prevista pelo artigo 105 da Norma CNEN NN 3.01 em Guia Regulatório específico da CNEN.

(**) No caso da categoria IV do Anexo J da Norma CNEN NN 3.01, se disponíveis, as medidas de monitoração radiológica ambiental com base nos NIOs 1 e 2 poderão ser utilizadas para a avaliação das condições no local com finalidade de ajuste da área isolada.