

BR8817380

CNEN-NE-6.02

OUT. - 1964



LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÕES RADIATIVAS

R
35116
21/10/64

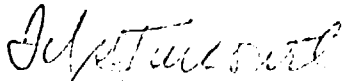
RESOLUÇÃO-CNEN-09/84

O DIRETOR EXECUTIVO I da COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN), no exercício das atribuições que lhe foram conferidas pela Egrégia COMISSÃO DELIBERATIVA, nas Resoluções nºs 06/84 e 08/84, respectivamente de 06 de setembro de 1984 e 4 de outubro de 1984, publicadas no Diário Oficial, Seção I, de 16 de outubro de 1984 página 15.132 e Seção I, de 22 de novembro de 1984, página nº 17.274,

R E S O L V E:

Aprovar a Norma Experimental: "LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÕES RADIATIVAS".

Rio de Janeiro, 4 de dezembro de 1984


Xamuset Campello Bittencourt
Diretor Executivo I

Publicada no D.O.U. de

DEPARTAMENTO DE NORMAS E ESPECIFICAÇÕES

Comissão de Estudo 6.02

Presidente : Julio Jansen Laborne - CNEN

Membros : Abércio Arantes Pereira - INSTITUTO ESTADUAL DE
RADIOLOGIA "MANOEL DE AERLU

Angelo Alberto Maestrini - QUALITEC

Anna Maria Campos de Araújo - CNEN

Antonio Carlos G. Castagnet - CNEN

Antonio Gonçalves da Rocha - CENTRO DE MEDICINA
NUCLEAR DA GUANABARA

Cristina Maria Augusto Arrieta - CNEN

Daniel Miedzinski - DAREX PRODUTOS QUÍMICOS E
PLÁSTICOS LTDA.

Dirceu Martins Vizeu - EMBRARAD

Edmundo Emanuel Teixeira - CNEN

Frederico Maximiliano Wiendl - CENA

José Clemente M. Pinto - COLÉGIO BRASILEIRO DE
RADIOLOGIA

José Luiz Affonso Fuser - COLÉGIO BRASILEIRO DE
RADIOLOGIA

José Maria Vasconcellos da Silva - CNEN

Maria Cecília Rolim Tenório de Deus - CNEN

Maria de Fatima Ferreira Coutinho - CNEN

Paulo Biaso Villar do Valle - COLÉGIO BRASILEIRO
DE RADIOLOGIA

Renato Malcotti - MINISTÉRIO DO TRABALHO

Yoná Maria Lima Moreira - ABDN

Secretária : Leila Pelegrini Loureiro - CNEN

S U M Á R I O

NE-6.02 - LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÕES RADIATIVAS

| | Página |
|---|--------|
| 1. OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO | 1 |
| 1.1 OBJETIVO | 1 |
| 1.2 CAMPO DE APLICAÇÃO | 1 |
| 2. GENERALIDADES | 1 |
| 2.1 INTERPRETAÇÕES | 1 |
| 2.2 COMUNICAÇÕES | 1 |
| 3. DEFINIÇÕES E SIGLAS | 1 |
| 4. CLASSIFICAÇÃO DAS INSTALAÇÕES RADIATIVAS | 3 |
| 4.1 INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM FONTES SELADAS | 3 |
| 4.2 INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM FONTES NÃO SELADAS | 3 |
| 4.3 INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM ACELERADORES DE PARTÍCULAS | 7 |
| 5. PROCESSO GERAL PARA CONCESSÃO DE LICENÇAS E AUTORIZAÇÕES | 7 |
| 5.1 DISPOSIÇÕES GERAIS | 7 |
| 5.2 REQUERIMENTOS | 9 |
| 6. APROVAÇÃO PRÉVIA | 9 |
| 7. LICENÇA DE CONSTRUÇÃO | 9 |
| 7.1 DISPOSIÇÕES GERAIS | 9 |
| 7.2 REQUISITOS BÁSICOS | 10 |
| 7.3 CONDIÇÕES DA LICENÇA DE CONSTRUÇÃO | 11 |

| | Página |
|---|--------|
| 8. AUTORIZAÇÃO PARA AQUISIÇÃO DE FONTES DE RADIAÇÃO | 11 |
| 9. AUTORIZAÇÃO PARA OPERAÇÃO | 11 |
| 9.1 DISPOSIÇÕES GERAIS | 11 |
| 9.2 REQUISITOS BÁSICOS | 12 |
| 10. AUTORIZAÇÃO PARA MODIFICAÇÃO | 12 |
| 11. OBRIGAÇÕES | 13 |
| 12. ISENÇÕES | 13 |
| 13. RETIRADA DE OPERAÇÕES | 14 |
| ANEXO - CLASSES DE RADIONUCLÍDEOS | 15 |
| SUPLEMENTO - EXEMPLOS PRÁTICOS DE APLICAÇÃO DAS TABELAS 1 E 2 E DA ATIVIDADE NORMALIZADA A_N | 19 |

| CNEN | LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÕES RADIATIVAS | NE-6.02 |
|---|---|---------|
| <p data-bbox="355 334 921 373">1. <u>OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO</u></p> <p data-bbox="404 410 621 445">1.1 OBJETIVO</p> <p data-bbox="404 482 1546 646">O objetivo desta norma é estabelecer o processo relativo ao LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÕES RADIATIVAS, conforme competência atribuída pela lei 6.189 de 16 de dezembro de 1974.</p> <p data-bbox="404 683 800 722">1.2 CAMPO DE APLICAÇÃO</p> <p data-bbox="404 760 1546 923">O processo estabelecido nesta Norma se aplica às atividades relacionadas com a localização, construção, operação e modificações de instalações radiativas.</p> <p data-bbox="355 960 638 1000">2. <u>GENERALIDADES</u></p> <p data-bbox="404 1037 730 1072">2.1 INTERPRETAÇÕES</p> <p data-bbox="404 1109 1546 1273">Qualquer dúvida de interpretação, relativa à aplicação desta Norma, será dirimida pela CNEN mediante parecer do Departamento competente e aprovação da Comissão Deliberativa.</p> <p data-bbox="404 1310 696 1349">2.2 COMUNICAÇÕES</p> <p data-bbox="404 1386 1546 1550">As notificações, relatórios e demais comunicações devem ser endereçados ao Departamento de Instalações e Materiais Nucleares (DIN) da CNEN.</p> <p data-bbox="355 1587 748 1627">3. <u>DEFINIÇÕES E SIGLAS</u></p> <p data-bbox="404 1664 1546 1764">Para os fins desta Norma, são adotadas as seguintes definições e siglas:</p> <p data-bbox="404 1779 1546 1880">1) <i>Aprovação Prévia</i> - Ato administrativo pelo qual a CNEN aprova a viabilidade do local proposto para uma instalação radiativa.</p> <p data-bbox="404 1917 1546 2081">2) <i>Autorização</i> - Ato administrativo pelo qual a CNEN autoriza a efetivação de determinada atividade necessária ao funcionamento de uma instalação radiativa.</p> | | |

- 3) **CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear**
- 4) **Controles Administrativos** - Medidas relativas à organização e gerência, procedimentos, registros, verificações, auditorias e comunicações, necessárias para garantir a operação segura da instalação radiativa.
- 5) **Especificações Técnicas** - Especificações referentes a características da instalação radiativa de importância relevante para a segurança técnica e para a radioproteção.
- 6) **Fonte de Radiação** - Aparelho ou material que emite ou é capaz de emitir radiação ionizante.
- 7) **Fonte Radioativa** ou simplesmente **Fonte** - Material radioativo utilizado como fonte de radiação.
- 8) **Instalação Radiativa** - Estabelecimento ou instalação onde se produzem, utilizam, transportam ou armazenam fontes de radiação. Excetuam-se desta definição:
- a) as Instalações Nucleares definidas na Norma CNEN-1.04- Licenciamento de Instalações Nucleares;
- b) os veículos transportadores de fontes de radiação quando estas não são parte integrante dos mesmos.
- 9) **Licença de Construção** - Ato administrativo pelo qual a CNEN permite a construção de uma instalação, após verificar a viabilidade técnica, o conceito de segurança do projeto e sua compatibilidade com a Aprovação Prévia.
- 10) **Material Radioativo** - Material que contém substâncias emissoras de radiação ionizante.
- 11) **Modificação** - Qualquer alteração de estrutura, sistema ou componente que envolva problemas de segurança em uma instalação radiativa, para a qual a CNEN já tenha concedido qualquer Aprovação, Licença ou Autorização.

12) *Radiação Ionizante* ou simplesmente *Radiação* - Qualquer radiação eletromagnética ou de partículas que, ao interagir com a matéria, ioniza direta ou indiretamente seus átomos ou moléculas.

13) *Segurança Técnica* ou simplesmente *Segurança* - Conjunto de medidas de caráter técnico incluídas no projeto, na construção, na manutenção e na operação de uma instalação, visando evitar a ocorrência de acidentes e minimizar suas consequências.

4. CLASSIFICAÇÃO DAS INSTALAÇÕES RADIATIVAS

As instalações radiativas são classificadas da seguinte forma:

4.1 - INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM FONTES SELADAS

4.1.1 GRUPO I - Instalações que utilizam fontes seladas de grande porte em processos industriais induzidos por radiação.

4.1.2 GRUPO II - Instalações que utilizam fontes seladas em equipamentos para fins de radioterapia ou radiografia industrial.

4.1.3 GRUPO III - Instalações que utilizam fontes seladas para fins outros que não os citados em 4.1.1 e 4.1.2.

4.2 - INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM FONTES NÃO SELADAS

4.2.1 GRUPO IV, V ou VI - Instalações onde se manipulam, utilizam ou se armazenam radionuclídeos cujas classes e limites de atividade total estão especificados na Tabela 1.

TABELA 1

CLASSIFICAÇÃO DAS INSTALAÇÕES RADIATIVAS PARA OPERAÇÃO
COM FONTES NÃO SELADAS

| Classe de Radionuclídeos (Ver Anexo) | GRUPO DA INSTALAÇÃO EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE ATIVIDADE * | | |
|---|---|------------------------|-----------|
| | Grupo IV | Grupo V | Grupo VI |
| A | < 1 μ Ci | 1 μ Ci a 1 mCi | > 1 mCi |
| B | < 100 μ Ci | 100 μ Ci a 100 mCi | > 100 mCi |
| C | < 1 mCi | 1 mCi a 1 Ci | > 1 Ci |
| D | < 10 mCi | 10 mCi a 10 Ci | > 10 Ci |

* Os limites dos níveis de atividade apresentados nesta Tabela são válidos apenas para instalações cujas condições de trabalho implicam num fator de multiplicação F igual a 1.
(Vide Tabela 2)

TABELA 2
FATORES DE MULTIPLICAÇÃO DOS NÍVEIS DE ATIVIDADE
DA TABELA 1*

| CONDIÇÕES DE TRABALHO | FATOR DE MULTIPLICAÇÃO F |
|--|--------------------------|
| - Armazenagem Simples | 100 |
| - Operação muito simples por via úmida (fracionamento de compostos radioativos - alíquotas) | 10 |
| - Operações químicas normais (preparações químicas comuns) | 1 |
| - Operações complexas por via úmida (marcação de compostos radioativos) | 0,1(**) |
| - Operações simples por via seca (manipulação de p \bar{o}), trabalho com compostos radioativos voláteis. | 0,1(**) |
| - Operações por via seca, com produção de p \bar{o} (moagem ou trituração) | 0,01(**) |

(*) Exemplos explicativos constam do Suplemento a esta Norma

(**) Estes valores poderão ser acrescidos, a critério da CNEN, se as operações forem efetuadas em caixas de luvas ou células especiais.

4.2.1.1 Caso a instalação utilize radionuclídeos pertencentes a mais de uma classe, e/ou com diferentes condições de trabalho, seu grupo será determinado pelo valor da Atividade Normalizada A_N , de acordo com a fórmula seguinte:

$$A_N = \sum \frac{A_i}{F_{A_i}} + \frac{1}{10^2} \sum \frac{B_i}{F_{B_i}} + \frac{1}{10^3} \sum \frac{C_i}{F_{C_i}} + \frac{1}{10^4} \sum \frac{D_i}{F_{D_i}}$$

(Para atividades em mCi)*

onde:

A_i é a atividade de cada radionuclídeo classe A na condição de trabalho i

B_i, C_i, D_i , (idem para as classes B, C e D)

F_{A_i} é o fator de multiplicação da Tabela 2 (para cada radionuclídeo classe A e condição de trabalho i)

$F_{B_i}, F_{C_i}, F_{D_i}$ (idem para classes B, C e D)

Para $A_N > 1$ a instalação se inclui no Grupo VI

Para $1 \geq A_N > 0,001$ a instalação se inclui no Grupo V

Para $A_N \leq 0,001$ a instalação se inclui no Grupo IV

*Para atividades em becquerel, aplicar a mesma fórmula e multiplicar o resultado pelo fator $10^{-6}/37$

4.2.2 GRUPO VII - Instalações que utilizam radionuclídeos como traçadores, exceto para uso médico.

4.2.3 GRUPO VIII - Instalações que utilizam equipamentos ou dispositivos com fontes não seladas incorporadas, incluindo-se os casos em que são somente operadas, sem acesso à fonte propriamente dita.

4.3 INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM ACELERADORES DE PARTÍCULAS

4.3.1 GRUPO IX - Instalações que utilizam aparelhos de raios X ou aceleradores de partículas de grande porte.

4.3.2 GRUPO X - Instalações que utilizam aparelhos que não os citados em 4.3.1.

5. PROCESSO GERAL PARA CONCESSÃO DE LICENÇAS E AUTORIZAÇÕES

5.1 DISPOSIÇÕES GERAIS

O processo geral de licenciamento de uma instalação radiativa envolve, conforme o caso, a solicitação pelo requerente e a emissão pela CNEN, dos seguintes atos:

a) Para instalações do GRUPO I:

- *Aprovação Prêvia*
- *Licença de Construção*
- *Autorização para aquisição de material radioativo*
- *Autorização para operação*

b) Para instalações do GRUPO II:

- *Licença de Construção*
- *Autorização para aquisição de material radioativo*
- *Autorização para operação*

c) Para instalações do Grupo III:

- *Autorização para aquisição de material radioativo*
- *Autorização para operação*

- d) Para instalações do GRUPO IV:
- Autorização para aquisição de material radioativo
 - Autorização para operação
- e) Para instalações do GRUPO V:
- Licença de Construção
 - Autorização para aquisição de material radioativo
 - Autorização para operação
- f) Para instalações do GRUPO VI:
- Aprovação Prêvia
 - Licença de Construção
 - Autorização para aquisição de material radioativo
 - Autorização para operação
- g) Para instalações do GRUPO VII:
- Autorização para aquisição de material radioativo
 - Autorização para operação
- h) Para instalações do GRUPO VIII:
- Autorização para aquisição de equipamento ou dispositivos com fontes incorporadas.
 - Autorização para operação
- i) Para instalações do GRUPO IX:
- Aprovação Prêvia
 - Licença de Construção
 - Autorização para aquisição de aparelhos de raios X ou aceleradores de partículas.
 - Autorização para operação
- j) Para instalações do GRUPO X:
- Autorização para aquisição de aparelhos de raios X ou aceleradores de partículas.
 - Autorização para operação

5.2 REQUERIMENTOS

5.2.1 Os requerimentos devem conter as informações e dados exigidos por esta Norma e outras normas complementares da CNEN.

5.2.2 O pedido pode ser atualizado pelo requerente, através de outro requerimento, antes da concessão da *Aprovação, Licença* ou *Autorização*.

5.2.3 As informações contidas em requerimentos, declarações ou relatórios anteriormente apresentados, podem ser incluídas, por referência, em outro requerimento, desde que a referência seja clara e específica.

5.2.4 Os requerimentos solicitando alterações ou emendas em *Licenças* ou *Autorizações* devem conter a discussão completa das alterações pretendidas e seguir, no que for aplicável, a forma prescrita para os requerimentos originais.

6. APROVAÇÃO PREVIA

As informações a serem prestadas à CNEN, com vistas à *Aprovação Prévia*, devem conter dados que permitam analisar a viabilidade do local proposto para a *instalação radiativa*. Essas informações devem abranger aspectos tais como:

- características de utilização das cercanias e distribuição da população local;
- características gerais de projeto e de operação da instalação proposta;
- análise preliminar das influências ambientais decorrentes de operação normal e em casos de acidente.

7. LICENÇA DE CONSTRUÇÃO

7.1 DISPOSIÇÕES GERAIS

7.1.1 Independem de *Licença* da CNEN:

- a) a exploração e escavação preliminar do local e a preparação de infra-estrutura para obras de construção tais como: canteiro de obras, vias de acesso, linhas

de transmissão, edificações temporárias e edificações não destinadas a itens importantes à segurança;

- b) a construção de edificações não destinadas à utilização, manuseio ou armazenamento de *materiais radioativos*.

7.1.2 A realização das atividades citadas no item anterior é de exclusiva responsabilidade do requerente e não implica em qualquer compromisso de concessão de Licença ou Autorização da CNEN.

7.2 REQUISITOS BÁSICOS

As informações a serem prestadas à CNEN, com vistas à Licença de Construção, devem conter dados que permitam analisar as características de segurança técnica envolvidas. Essas informações devem abranger aspectos tais como:

- a) qualificações técnicas do responsável pela construção;
- b) descrição e análise da instalação, com atenção especial às características de projeto e de operação;
- c) análise preliminar e avaliação do projeto e desempenho de estruturas, sistemas e componentes da instalação, com o objetivo de avaliar os aspectos de Radioproteção;
- d) *controles administrativos* a serem aplicados durante a construção;
- e) planos preliminares para procedimentos em situações de emergência;
- f) descrição dos sistemas de controle de liberação de efluentes e rejeitos radioativos;
- g) relação das normas técnicas e códigos a serem adotados;
- h) plano preliminar de Proteção Física;

1) plano preliminar de Radioproteção.

7.3 - CONDIÇÕES DA LICENÇA DE CONSTRUÇÃO

A Licença de Construção está sujeita a:

- a) revogação - quando ocorrer interesse público superveniente;
- b) suspensão - quando houver risco na segurança da instalação;
- c) cassação - por descumprimento das normas legais na sua execução;
- d) alteração ou emenda - quando houver alteração superveniente na legislação vigente, inclusive nas normas da CNEN.

8. AUTORIZAÇÃO PARA AQUISIÇÃO DE FONTES DE RADIAÇÃO

A Autorização para aquisição de material radioativo ou de outras fontes de radiação será concedida após a comprovação de que o projeto da instalação satisfaz as condições exigidas por normas específicas da CNEN, em particular aquelas relativas à gerência de rejeitos radioativos.

9. AUTORIZAÇÃO PARA OPERAÇÃO

9.1 DISPOSIÇÕES GERAIS

A concessão da Autorização para operação será orientada com base nas seguintes considerações:

- a) ter sido a construção da instalação completamente concluída de acordo com as disposições legais, regulamentares e normativas e com as condições das Licenças de Construção e seus aditamentos;
- b) haver comprovação de que a operação prevista será conduzida sem risco radiológico.

9.2 REQUISITOS BÁSICOS

As informações a serem prestadas com vistas à *Autorização* para operação devem conter dados que permitam à CNEN analisar a conformidade das características existentes com os requisitos normativos, tendo em vista, particularmente, os aspectos radiológicos da operação que possam colocar em risco a saúde de trabalhadores e do público, bem como a integridade do meio ambiente. Tais informações devem ser consubstanciadas em um relatório de segurança que inclua, no mínimo, os seguintes aspectos, no que for aplicável:

- a) projeto final da instalação;
- b) organização do pessoal e responsabilidades;
- c) plano de treinamento do pessoal;
- d) plano para condução das operações;
- e) garantia da qualidade dos produtos do requerente e de seus contratados;
- f) *controles administrativos* a serem aplicados durante a operação;
- g) plano de emergência;
- h) *especificações técnicas* a serem adotadas para operação;
- i) plano de Proteção Física, de acordo com Normas específicas;
- j) plano de Radioproteção, de acordo com Normas específicas.

10. AUTORIZAÇÃO PARA MODIFICAÇÃO

10.1 Nenhuma *modificação* pode ser executada numa *instalação* *radiativa* sem prévia *Autorização* da CNEN.

10.2 A solicitação para a *modificação* deve descrever completamente as alterações propostas.

11. OBRIGAÇÕES

Toda instalação, durante a construção e após a entrada em operação, estará sujeita a obrigações estabelecidas em normas específicas e/ou nas próprias Autorizações ou Licenças.

12. ISENÇÕES

12.1 Estão isentas do processo de licenciamento estabelecido nesta norma, as instalações que envolvam, em qualquer instante:

a) substâncias radioativas de atividade específica inferior a 0,0027 $\mu\text{Ci/g}$ (100 Bq/g) ou substâncias radioativas sólidas naturais de atividade específica inferior a 0,014 $\mu\text{Ci/g}$ (500 Bq/g)

b) radionuclídeos cujas atividades totais, dentro de cada classe, não excedam os seguintes valores:

| | |
|----------|--------------------|
| Classe A | 0,1 μCi |
| Classe B | 1 μCi |
| Classe C | 10 μCi |
| Classe D | 100 μCi |

c) equipamentos que emitam radiação ionizante com energia inferior a 5 keV.

12.2 No caso de instalação trabalhando com radionuclídeos (que não Th nat e U nat) pertencentes a diferentes classes, o critério de isenção é dado pela seguinte fórmula:

$$\frac{A_A}{L_A} + \frac{A_B}{L_B} + \frac{A_C}{L_C} + \frac{A_D}{L_D} \leq 1$$

onde: A_A , A_B , A_C e A_D são as atividades totais, respectivamente, das classes A, B, C e D.

L_A , L_B , L_C e L_D são os limites de isenção (subseção 12.1b), respectivamente, das classes A, B, C e D.

13. RETIRADA DE OPERAÇÃO

As instalações radiativas que decidirem encerrar suas atividades deverão solicitar à CNEN, o cancelamento da Autorização para operação, mediante requerimento acompanhado, no mínimo, das informações a seguir, além do cumprimento de determinações contidas em Normas específicas:

- a) destino a ser dado ao material radiativo e a outras fontes de radiação;
- b) destino a ser dado aos registros que devam ser conservados;
- c) procedimentos técnicos e administrativos para a descontaminação total da instalação.

ANEXO
CLASSES DE RADIONUCLÍDEOS*

CLASSE A - MUITO ALTA RADIOTOXICIDADE

| | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| ²¹⁰ ₈₂ Pb | ²¹⁰ ₈₄ Po | ²²³ ₈₈ Ra | ²²⁵ ₈₈ Ra | ²²⁶ ₈₈ Ra | ²²⁸ ₈₈ Ra | ²²⁷ ₈₆ Ac |
| ²²⁷ ₉₀ Th | ²²⁸ ₉₀ Th | ²²⁹ ₉₀ Th | ²³⁰ ₉₀ Th | ²³¹ ₉₁ Pa | ²³⁰ ₉₂ U | ²³² ₉₂ U |
| ²³³ ₉₂ U | ²³⁴ ₉₂ U | ²³⁷ ₉₃ Np | ²³⁶ ₉₄ Pu | ²³⁸ ₉₄ Pu | ²³⁹ ₉₄ Pu | ²⁴⁰ ₉₄ Pu |
| ²⁴¹ ₉₄ Pu | ²⁴² ₉₄ Pu | ²⁴¹ ₉₅ Am | ^{242 m} ₉₅ Am | ²⁴³ ₉₅ Am | ²⁴⁰ ₉₆ Cm | ²⁴² ₉₆ Cm |
| ²⁴³ ₉₆ Cm | ²⁴⁴ ₉₆ Cm | ²⁴⁵ ₉₆ Cm | ²⁴⁶ ₉₆ Cm | ²⁴⁷ ₉₆ Cm | ²⁴⁸ ₉₆ Cm | ²⁴⁸ ₉₈ Cf |
| ²⁴⁹ ₉₈ Cf | ²⁵⁰ ₉₈ Cf | ²⁵¹ ₉₈ Cf | ²⁵² ₉₈ Cf | ²⁵⁴ ₉₈ Cf | ²⁵⁴ ₉₉ Es | ²⁵⁵ ₉₉ Es |

CLASSE B - ALTA RADIOTOXICIDADE

| | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| ²² ₁₁ Na | ³⁶ ₁₇ Cl | ⁴⁵ ₂₀ Ca | ⁴⁶ ₂₁ Sc | ⁶⁰ ₂₇ Co | ⁹⁰ ₃₈ Sr | ⁹¹ ₃₉ Y |
| ⁹³ ₄₀ Zr | ⁹⁴ ₄₁ Nb | ¹⁰⁶ ₄₄ Ru | ^{110 m} ₄₇ Ag | ^{115 m} ₄₈ Cd | ^{114 m} ₄₉ In | ¹²⁴ ₅₁ Sb |
| ¹²⁵ ₅₁ Sb | ¹²⁴ ₅₃ I | ¹²⁵ ₅₃ I | ¹²⁶ ₅₃ I | ¹³¹ ₅₃ I | ¹³⁴ ₅₅ Cs | ¹⁴⁰ ₅₆ Ba |
| ¹⁴⁴ ₅₈ Ce | ¹⁵² ₆₃ Eu(130) | ¹⁵⁴ ₆₃ Eu | ¹⁶⁰ ₆₅ Tb | ¹⁷⁰ ₆₉ Tm | ¹⁸¹ ₇₂ Hf | ¹⁸⁷ ₇₃ Ta |
| ¹⁹² ₇₇ Ir | ²⁰⁴ ₈₁ Tl | ²¹² ₈₂ Pb | ²⁰⁷ ₈₃ Bi | ²¹⁰ ₈₃ Bi | ²¹¹ ₈₅ At | ²²⁴ ₈₈ Ra |
| ²²⁸ ₈₉ Ac | ²³² ₉₀ Th | ⁹⁰ Thnat | ²³⁰ ₉₁ Pa | ²³⁶ ₉₂ U | ²⁴⁴ ₉₄ Pu | ²⁴² ₉₅ Am |
| ²⁴¹ ₉₆ Cm | ²⁴⁹ ₉₇ Bk | ²⁴⁶ ₉₈ Cf | ²⁵³ ₉₈ Cf | ²⁵³ ₉₉ Es | ^{254 m} ₉₉ Es | ²⁵⁵ ₁₀₀ Fm |
| ²⁵⁶ ₁₀₀ Fm | | | | | | |

CLASSE C - RELATIVA RADIOTOXICIDADE

| | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|
| 7 4Be | 14 6C | 18 9F | 24 11Na | 31 14Si | 32 15P | 33 15P |
| 35 16S | 38 17Cl | 41 18Ar | 42 19K | 43 19K | 47 20Ca | 47 21Sc |
| 48 21Sc | 48 23V | 51 24Cr | 52 25Mn | 54 25Mn | 52 26Fe | 55 26Fe |
| 59 26Fe | 55 27Co | 56 27Co | 57 27Co | 58 27Co | 63 28Ni | 65 28Ni |
| 64 29Cu | 65 30Zn | 69 30Zn ^m | 72 31Ga | 73 33As | 74 33As | 76 33As |
| 77 33As | 75 34Se | 82 35Br | 74 36Kr | 77 36Kr | 87 36Kr | 88 36Kr |
| 86 37Rb | 83 38Sr | 85 38Sr | 89 38Sr | 91 38Sr | 92 38Sr | 90 39Y |
| 92 39Y | 93 39Y | 86 40Zr | 88 40Zr | 89 40Zr | 95 40Zr | 97 40Zr |
| 98 41Nb | 93 ^m 41Nb | 95 41Nb | 95 ^m 41Nb | 96 41Nb | 90 42Mo | 93 42Mo |
| 99 42Mo | 96 43Tc | 97 ^m 43Tc | 97 43Tc | 99 43Tc | 97 44Ru | 103 44Ru |
| 105 44Ru | 105 45Rh | 103 46Pd | 109 46Pd | 105 47Ag | 111 47Ag | 109 48Cd |
| 115 48Cd | 115 ^m 49In | 113 50Sn | 125 50Sn | 122 51Sb | 121 52Te | 121 ^m 52Te |
| 123 ^m 52Te | 125 ^m 52Te | 127 ^m 52Te | 129 ^m 52Te | 131 52Te | 131 ^m 52Te | 132 52Te |
| 133 ^m 52Te | 134 52Te | 120 53I | 123 53I | 130 53I | 132 53I | 132 ^m 53I |
| 133 53I | 135 53I | 135 54Xe | 132 55Cs | 136 55Cs | 137 55Cs | 131 56Ba |
| 140 57La | 134 58Ce | 136 58Ce | 137 ^m 58Ce | 139 58Ce | 141 58Ce | 143 58Ce |
| 142 59Pr | 143 59Pr | 147 60Nd | 149 60Nd | 147 61Pm | 149 61Pm | 151 62Sm |
| 153 62Sm | 152 ^m 63Eu (gh) | 155 63Eu | 153 64Gd | 159 64Gd | 165 66Dy | 166 66Dy |

| | | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| $^{166}_{67}\text{Ho}$ | $^{169}_{68}\text{Er}$ | $^{171}_{68}\text{Er}$ | $^{171}_{69}\text{Tm}$ | $^{175}_{70}\text{Yb}$ | $^{177}_{71}\text{Lu}$ | $^{181}_{74}\text{W}$ |
| $^{185}_{74}\text{W}$ | $^{187}_{74}\text{W}$ | $^{183}_{75}\text{Re}$ | $^{186}_{75}\text{Re}$ | $^{180}_{75}\text{Re}$ | $^{185}_{76}\text{Os}$ | $^{191}_{76}\text{Os}$ |
| $^{193}_{76}\text{Os}$ | $^{190}_{77}\text{Ir}$ | $^{194}_{77}\text{Ir}$ | $^{191}_{78}\text{Pt}$ | $^{193}_{78}\text{Pt}$ | $^{197}_{78}\text{Pt}$ | $^{196}_{79}\text{Au}$ |
| $^{198}_{79}\text{Au}$ | $^{199}_{79}\text{Au}$ | $^{197}_{80}\text{Hg}$ | $^{197}_{80}\text{Hg}^m$ | $^{203}_{80}\text{Hg}$ | $^{200}_{81}\text{Tl}$ | $^{201}_{81}\text{Tl}$ |
| $^{202}_{81}\text{Tl}$ | $^{203}_{82}\text{Pb}$ | $^{206}_{83}\text{Bi}$ | $^{212}_{83}\text{Bi}$ | $^{220}_{86}\text{Rn}$ | $^{222}_{86}\text{Rn}$ | $^{226}_{90}\text{Th}$ |
| $^{231}_{90}\text{Th}$ | $^{234}_{90}\text{Th}$ | $^{233}_{91}\text{Pa}$ | $^{231}_{92}\text{U}$ | $^{237}_{92}\text{U}$ | $^{240}_{92}\text{U}$ | $^{239}_{93}\text{Np}$ |
| $^{240}_{93}\text{Np}$ | $^{234}_{94}\text{Pu}$ | $^{237}_{94}\text{Pu}$ | $^{245}_{94}\text{Pu}$ | $^{238}_{95}\text{Am}$ | $^{240}_{95}\text{Am}$ | $^{244}_{95}\text{Am}$ |
| $^{244}_{95}\text{Am}^m$ | $^{238}_{96}\text{Cm}$ | $^{250}_{97}\text{Bk}$ | $^{244}_{98}\text{Cf}$ | $^{254}_{100}\text{Fm}$ | | |

CLASSE D - BAIXA RADIOTOXICIDADE

| | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| ^3_1H | $^{15}_8\text{O}$ | $^{37}_{18}\text{Ar}$ | $^{51}_{25}\text{Mn}$ | $^{52}_{25}\text{Mn}^m$ | $^{53}_{25}\text{Mn}$ | $^{56}_{25}\text{Mn}$ |
| $^{58}_{27}\text{Co}^m$ | $^{60}_{27}\text{Co}^m$ | $^{61}_{27}\text{Co}$ | $^{62}_{27}\text{Co}^m$ | $^{59}_{28}\text{Ni}$ | $^{69}_{30}\text{Zn}$ | $^{71}_{32}\text{Ge}$ |
| $^{76}_{36}\text{Kr}$ | $^{79}_{36}\text{Kr}$ | $^{81}_{36}\text{Kr}$ | $^{83}_{36}\text{Kr}^m$ | $^{85}_{36}\text{Kr}^m$ | $^{85}_{36}\text{Kr}$ | $^{80}_{38}\text{Sr}$ |
| $^{81}_{38}\text{Sr}$ | $^{85}_{38}\text{Sr}^m$ | $^{87}_{38}\text{Sr}^m$ | $^{91}_{39}\text{Y}^m$ | $^{88}_{41}\text{Nb}$ | $^{89}_{41}\text{Nb}(66m)$ | $^{89}_{41}\text{Nb}(122m)$ |
| $^{97}_{41}\text{Nb}$ | $^{98}_{41}\text{Nb}$ | $^{93}_{42}\text{Mo}^m$ | $^{101}_{42}\text{Mo}$ | $^{96}_{43}\text{Tc}^m$ | $^{99}_{43}\text{Tc}^m$ | $^{103}_{45}\text{Rh}^m$ |
| $^{113}_{49}\text{In}^m$ | $^{116}_{52}\text{Te}$ | $^{123}_{52}\text{Te}$ | $^{127}_{52}\text{Te}$ | $^{129}_{52}\text{Te}$ | $^{133}_{52}\text{Te}$ | $^{120}_{53}\text{I}^m$ |
| $^{121}_{53}\text{I}$ | $^{128}_{53}\text{I}$ | $^{129}_{53}\text{I}$ | $^{134}_{53}\text{I}$ | $^{131}_{54}\text{Xe}^m$ | $^{133}_{54}\text{Xe}$ | $^{125}_{55}\text{Cs}$ |
| $^{127}_{55}\text{Cs}$ | $^{129}_{55}\text{Cs}$ | $^{130}_{55}\text{Cs}$ | $^{131}_{55}\text{Cs}$ | $^{134}_{55}\text{Cs}^m$ | $^{135}_{55}\text{Cs}$ | $^{135}_{55}\text{Cs}^m$ |
| $^{138}_{55}\text{Cs}$ | $^{137}_{58}\text{Ce}$ | $^{191}_{76}\text{Os}^m$ | $^{193}_{78}\text{Pt}^m$ | $^{197}_{78}\text{Pt}^m$ | $^{203}_{84}\text{Po}$ | $^{205}_{84}\text{Po}$ |

| | | | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------|
| $^{207}_{84}\text{Po}$ | $^{227}_{88}\text{Ra}$ | $^{235}_{92}\text{U}$ | $^{238}_{92}\text{U}$ | $^{239}_{92}\text{U}$ | $^{235}_{92}\text{U}_{\text{nat}}$ | $^{235}_{94}\text{Pu}$ |
| $^{243}_{94}\text{Pu}$ | $^{237}_{95}\text{Am}$ | $^{239}_{95}\text{Am}$ | $^{241}_{95}\text{Am}$ | $^{241\text{m}}_{95}\text{Am}$ | $^{243}_{95}\text{Am}$ | $^{249}_{96}\text{Cm}$ |

* As classes dos radionuclídeos não incluídos neste anexo , serão estabelecidas pela CNEN.

S U P L E M E N T O

EXEMPLOS PRÁTICOS DE APLICAÇÃO
DAS TABELAS 1 e 2 E DA ATIVIDADE
NORMALIZADA A_N

Os exemplos abaixo apresentados visam facilitar o usuário na interpretação e aplicação das variáveis que influem na classificação das instalações radiativas, que usam fontes não seladas.

Exemplo 1

Determinar a classificação de uma instalação que emprega os seguintes radionuclídeos e respectivas atividades e condições de trabalho.

| <u>Radionuclídeo</u> | <u>Atividade (mCi)</u> | <u>Condições de Trabalho</u> |
|----------------------|------------------------|------------------------------|
| ^{131}I | 100 | alíquota |
| ^{32}P | 15 | alíquota |
| ^{99}Mo | 1.000 | armazenagem |
| $^{99}\text{Tc}^m$ | 200 | marcação |

Solução

| Rad | Classe | Ativ. (mCi) | Cond. Trab. | F | Limites | Grupo |
|--------------------|--------|-------------|-------------|-----|----------------|-------|
| ^{131}I | B | 100 | alíquota | 10 | 1mCi - 1Ci | V |
| ^{32}P | C | 15 | alíquota | 10 | 10mCi - 10Ci | V |
| ^{99}Mo | C | 1.000 | armazenagem | 100 | 100mCi - 100Ci | V |
| $^{99}\text{Tc}^m$ | C | 200 | marcação | 0,1 | 0,1mCi - 0,1Ci | VI |

Observar que os fatores de multiplicação foram aplicados na Tabela 1 para determinação dos novos limites dos grupos; o valor da atividade do radionuclídeo na instalação permanece inalterado.

Restaria agora aplicar a fórmula da Atividade Normalizada para levar em consideração a atividade total existente na instalação. Porém a marcação de $^{99}\text{Tc}^m$ já classifica a instalação no grupo VI, que é o mais restritivo; portanto não há necessidade de se aplicar a fórmula de A_N .

Classificação da instalação - Grupo VI

EXEMPLO 2

| <u>Radionuclídeo</u> | <u>Atividade (mCi)</u> | <u>Condições de Trabalho</u> |
|----------------------|------------------------|------------------------------|
| ^{131}I | 100 | alíquota |
| ^{32}P | 100 | alíquota |
| ^{99}Mo | 500 | armazenagem |
| $^{99}\text{Tc}^m$ | 100 | marcação |

Solução

| Rad | Classe | Ativ.(mCi) | Cond.Trab | F | Limites | Grupo |
|--------------------|--------|------------|-------------|-----|--------------|-------|
| ^{131}I | B | 100 | alíquota | 10 | 1mCi- Ci | V |
| ^{32}P | C | 100 | alíquota | 10 | 10mCi-10Ci | V |
| ^{99}Mo | C | 500 | armazenagem | 100 | 100mCi-100Ci | V |
| $^{99}\text{Tc}^m$ | C | 100 | marcação | 0,1 | 0,1mCi-0,1Ci | V |

Os fatores de multiplicação foram aplicados, como no exemplo 1, aos limites da Tabela 1. Levando-se em conta apenas os fatores de multiplicação, a instalação seria classificada no Grupo V.

Aplicação da Atividade Normalizada A_N :

| | | | | |
|-------|---|-----|-----------|-------|
| A | = | 0 | | |
| B | = | 100 | F_B | = 10 |
| C_1 | = | 100 | F_{C_1} | = 10 |
| C_2 | = | 500 | F_{C_2} | = 100 |
| C_3 | = | 100 | F_{C_3} | = 0,1 |
| D | = | 0 | | |

$$\therefore A_N = 0 + \frac{100}{10^2 \cdot 10} + \frac{1}{10^3} \left(\frac{100}{10} + \frac{500}{100} + \frac{100}{0,1} \right) + 0 =$$

$$= \frac{100}{10^3} + \frac{1}{10^3} (10 + 5 + 1000) =$$

$$= \frac{100}{1000} + \frac{1015}{1000} = 1,115$$

\therefore Classificação da instalação: GRUPO VI

EXEMPLO 3

Mesmos dados do exemplo 2.

Qual a máxima atividade possível de $^{99}\text{Tc}^m$

para que a instalação seja ainda classificada no Grupo V ?

Solução:

Com os dados já obtidos para a determinação de A_1

$$A_N = \frac{100}{10^2 \cdot 10} + \frac{1}{10^3} \left(\frac{100}{10} + \frac{500}{100} + \frac{\Sigma C(Tc)}{0,1} \right) \leq 1$$

$$\frac{100}{1000} + \frac{10}{1000} + \frac{5}{1000} + \frac{\Sigma C(Tc)}{100} \leq 1$$

$$\frac{\Sigma C(Tc)}{100} \leq 1 - \frac{115}{1000}$$

$$\frac{\Sigma C(Tc)}{100} \leq \frac{885}{1000}$$

$$\therefore \boxed{\Sigma C(Tc) \leq 88,5 \text{ mCi}}$$