

CNEN-NE-6.02
julho -1998

LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÕES RADIATIVAS



CNEN
Comissão Nacional de Energia Nuclear

Publicação:
Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN
Serviço de Normas e Especificações - SENOR
Rua General Severiano nº 90 - Botafogo
CEP: 22.294-900 - Rio de Janeiro
e-mail: senor@cnen.gov.br
Telefones: (021)546.2231/546.2359
Telefax: (021) 546. 2268
Venda: (021)546.2467/546.2326

Licenciamento de Instalações Radiativas

Resolução CNEN – 09/84

Publicação: 14/12/84

Portaria CNEN – 059/98

Publicação: D.O. U. de 08/06/98



SUMÁRIO

CNEN-NN-6.02: “LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÕES RADIATIVAS”

1.	OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO	7
1.1	OBJETIVO	7
1.2	CAMPO DE APLICAÇÃO	7
2.	GENERALIDADES	7
2.1	INTERPRETAÇÕES.....	7
2.2	COMUNICAÇÕES	7
3.	DEFINIÇÕES E SIGLAS.....	7
4.	CLASSIFICAÇÃO DAS INSTALAÇÕES RADIATIVAS.....	8
4.1	INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM FONTES SELADAS.....	8
4.2	INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM FONTES NÃO SELADAS	8
	TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS INSTALAÇÕES RADIATIVAS PARA OPERAÇÃO COM FONTES NÃO SELADAS.....	9
	TABELA 2 - FATORES DE MULTIPLICAÇÃO DOS NÍVEIS DE ATIVIDADE DA TABELA 1 *	10
4.3	INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM ACELERADORES DE PARTÍCULAS.....	11
5.	PROCESSO GERAL PARA CONCESSÃO DE LICENÇAS E AUTORIZAÇÕES.....	12
5.1	DISPOSIÇÕES GERAIS.....	12
5.2	REQUERIMENTOS.....	13
6.	APROVAÇÃO PRÉVIA.....	13
7.	LICENÇA DE CONSTRUÇÃO.....	13
7.1	DISPOSIÇÕES GERAIS.....	13
7.2	REQUISITOS BÁSICOS.....	14
7.3	CONDIÇÕES DA LICENÇA DE CONSTRUÇÃO.....	14
8.	AUTORIZAÇÃO PARA AQUISIÇÃO DE FONTES DE RADIAÇÃO	14
9.	AUTORIZAÇÃO PARA OPERAÇÃO	14
9.1	DISPOSIÇÕES GERAIS.....	14
9.2	REQUISITOS BÁSICOS.....	14
10.	AUTORIZAÇÃO PARA MODIFICAÇÃO	15
11.	OBRIGAÇÕES	16
12.	ISENÇÕES	16
13.	RETIRADA DE OPERAÇÃO	16
14.	DISPOSIÇÃO COMPLEMENTAR	16
	ANEXO - CLASSES DE RADIONUCLÍDEOS *	18

S U P L E M E N T O - EXEMPLOS PRÁTICOS DE APLICAÇÃO DAS TABELAS 1 E 2 E DA ATIVIDADE
NORMALIZADA A_N23
COMISSÃO DE ESTUDO.....26

LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÕES RADIATIVAS

1. OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO

1.1 OBJETIVO

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.

1.2 CAMPO DE APLICAÇÃO

O processo estabelecido nesta Norma se aplica às atividades relacionadas com a localização, construção, operação e *modificações de instalações radiativas*.

2. GENERALIDADES

2.1 INTERPRETAÇÕES

Qualquer dúvida de interpretação, relativa à aplicação desta Norma, será dirimida pela *CNEN* mediante parecer do Departamento competente e aprovação da Comissão Deliberativa.

2.2 COMUNICAÇÕES

As notificações, relatórios e demais comunicações devem ser endereçados à Superintendência de Licenciamento e Controle da *CNEN*.

3. DEFINIÇÕES E SIGLAS

Para os fins desta Norma, são adotadas as seguintes definições e siglas:

1. **Aprovação Prévia** - Ato administrativo pelo qual a *CNEN* aprova a viabilidade do local proposto para uma *instalação radiativa*.
2. **Autorização** - Ato administrativo pelo qual a *CNEN* autoriza a efetivação de determinada atividade necessária ao funcionamento de uma *instalação radiativa*.
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-NE-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 conseqüências.

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	GRUPO DA INSTALAÇÃO EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE ATIVIDADE *			
	(Ver Anexo)	Grupo IV	Grupo V	Grupo VI
A	< 1 µCi	1 µCi a 1 mCi	> 1 mCi	
B	< 100 µCi	100 µCi 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 pó), trabalho com compostos radioativos voláteis.	0,1 (**)
- Operações por via seca, com produção de pó (moagem ou trituração)	0,01 (**)
<p>(*) Exemplos explicativos constam do Suplemento a esta Norma.</p> <p>(**) Estes valores poderão ser acrescidos, a critério da CNEN, se as operações forem efetuadas em caixas de luvas ou células especiais.</p>	

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 $A_N > 1\text{mCi}$ a instalação se inclui no Grupo VI
Para $1\text{mCi} \geq A_N > 0,001\text{mCi}$ a instalação se inclui no Grupo V
Para $A_N \leq 0,001\text{mCi}$ 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 Prévia*
 - ▶ *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 Prévia*
 - ▶ *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 Prévia*
 - ▶ *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 PRÉVIA

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:

- a) características de utilização das cercanias e distribuição da população local;
- b) características gerais de projeto e de operação da instalação proposta;
- c) 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;
- i) 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 normativa 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 radioativo* 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.

14. DISPOSIÇÃO COMPLEMENTAR

No caso de irradiadores de grande porte, para fins de irradiação de alimentos, o requerente deve:

- a) quando da solicitação da *Autorização* para Operação, prevista na seção 9, além das informações ali estipuladas, deve-se informar, adicionalmente, o seguinte:
 - ▶ objetivo da irradiação;
 - ▶ o alimento a ser irradiado;

- ▶ dose média prevista, com limites inferiores e superiores;
 - ▶ taxa média da dose prevista.
- b) quando da operação devem ser mantidos os registros de irradiação relativos à natureza e à quantidade dos lotes de alimentos irradiados

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 89 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 95 Am ^m	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 99 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 47 Ag ^m	115 48 Cd ^m	114 49 In ^m	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 ^{13a}	154 63 Eu	160 65 Tb	170 69 Tm	181 72 Hf	182 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 Th ^{nat}	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 99 Es ^m	255 100 Fm
256 100 Fm						

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

CLASSE C - RELATIVA RADIOTOXICIDADE

${}^7_4\text{Be}$	${}^{14}_6\text{C}$	${}^{18}_9\text{F}$	${}^{24}_{11}\text{Na}$	${}^{31}_{14}\text{Si}$	${}^{32}_{15}\text{P}$	${}^{33}_{15}\text{P}$
${}^{35}_{16}\text{S}$	${}^{38}_{17}\text{Cl}$	${}^{41}_{18}\text{Ar}$	${}^{42}_{19}\text{K}$	${}^{43}_{19}\text{K}$	${}^{47}_{20}\text{Ca}$	${}^{47}_{21}\text{Sc}$
${}^{48}_{21}\text{Sc}$	${}^{48}_{23}\text{V}$	${}^{51}_{24}\text{Cr}$	${}^{52}_{25}\text{Mn}$	${}^{54}_{25}\text{Mn}$	${}^{52}_{26}\text{Fe}$	${}^{55}_{26}\text{Fe}$
${}^{59}_{26}\text{Fe}$	${}^{55}_{27}\text{Co}$	${}^{56}_{27}\text{Co}$	${}^{57}_{27}\text{Co}$	${}^{58}_{27}\text{Co}$	${}^{63}_{28}\text{Ni}$	${}^{65}_{28}\text{Ni}$
${}^{64}_{29}\text{Cu}$	${}^{65}_{30}\text{Zn}$	${}^{69}_{30}\text{Zn}^{\text{m}}$	${}^{72}_{31}\text{Ga}$	${}^{73}_{33}\text{As}$	${}^{74}_{33}\text{As}$	${}^{76}_{33}\text{As}$
${}^{77}_{33}\text{As}$	${}^{75}_{34}\text{Se}$	${}^{82}_{35}\text{Br}$	${}^{74}_{36}\text{Kr}$	${}^{77}_{36}\text{Kr}$	${}^{87}_{36}\text{Kr}$	${}^{88}_{36}\text{Kr}$
${}^{86}_{37}\text{Rb}$	${}^{83}_{38}\text{Sr}$	${}^{85}_{38}\text{Sr}$	${}^{89}_{38}\text{Sr}$	${}^{91}_{38}\text{Sr}$	${}^{92}_{38}\text{Sr}$	${}^{90}_{39}\text{Y}$
${}^{92}_{39}\text{Y}$	${}^{93}_{39}\text{Y}$	${}^{86}_{40}\text{Zr}$	${}^{88}_{40}\text{Zr}$	${}^{89}_{40}\text{Zr}$	${}^{95}_{40}\text{Zr}$	${}^{97}_{40}\text{Zr}$
${}^{90}_{41}\text{Nb}$	${}^{93}_{41}\text{Nb}^{\text{m}}$	${}^{95}_{41}\text{Nb}$	${}^{95}_{41}\text{Nb}^{\text{m}}$	${}^{96}_{41}\text{Nb}$	${}^{90}_{42}\text{Mo}$	${}^{93}_{42}\text{Mo}$
${}^{99}_{42}\text{Mo}$	${}^{96}_{43}\text{Tc}$	${}^{97}_{43}\text{Tc}^{\text{m}}$	${}^{97}_{43}\text{Tc}$	${}^{99}_{43}\text{Tc}$	${}^{97}_{44}\text{Ru}$	${}^{103}_{44}\text{Ru}$
${}^{105}_{44}\text{Ru}$	${}^{105}_{45}\text{Rh}$	${}^{103}_{46}\text{Pd}$	${}^{109}_{46}\text{Pd}$	${}^{105}_{47}\text{Ag}$	${}^{111}_{47}\text{Ag}$	${}^{109}_{48}\text{Cd}$
${}^{115}_{48}\text{Cd}$	${}^{115}_{49}\text{In}^{\text{m}}$	${}^{113}_{50}\text{Sn}$	${}^{125}_{50}\text{Sn}$	${}^{122}_{51}\text{Sb}$	${}^{121}_{52}\text{Te}$	${}^{121}_{52}\text{Te}^{\text{m}}$
${}^{123}_{52}\text{Te}^{\text{m}}$	${}^{125}_{52}\text{Te}^{\text{m}}$	${}^{127}_{52}\text{Te}^{\text{m}}$	${}^{129}_{52}\text{Te}^{\text{m}}$	${}^{131}_{52}\text{Te}$	${}^{131}_{52}\text{Te}^{\text{m}}$	${}^{132}_{52}\text{Te}$
${}^{133}_{52}\text{Te}^{\text{m}}$	${}^{134}_{52}\text{Te}$	${}^{120}_{53}\text{I}$	${}^{123}_{53}\text{I}$	${}^{130}_{53}\text{I}$	${}^{132}_{53}\text{I}$	${}^{132}_{53}\text{I}^{\text{m}}$

$^{133}_{53}\text{I}$	$^{135}_{53}\text{I}$	$^{135}_{54}\text{Xe}$	$^{132}_{55}\text{Cs}$	$^{136}_{55}\text{Cs}$	$^{137}_{55}\text{Cs}$	$^{131}_{56}\text{Ba}$
$^{140}_{57}\text{La}$	$^{134}_{58}\text{Ce}$	$^{135}_{58}\text{Ce}$	$^{137}_{58}\text{Ce}^{\text{m}}$	$^{139}_{58}\text{Ce}$	$^{141}_{58}\text{Ce}$	$^{143}_{58}\text{Ce}$
$^{142}_{59}\text{Pr}$	$^{143}_{59}\text{Pr}$	$^{147}_{60}\text{Nd}$	$^{149}_{60}\text{Nd}$	$^{147}_{61}\text{Pm}$	$^{149}_{61}\text{Pm}$	$^{151}_{62}\text{Sm}$
$^{153}_{62}\text{Sm}$	$^{152}_{63}\text{Eu}^{\text{m}}(9\text{h})$	$^{155}_{63}\text{Eu}$	$^{153}_{64}\text{Gd}$	$^{159}_{64}\text{Gd}$	$^{165}_{66}\text{Dy}$	$^{166}_{66}\text{Dy}$
$^{166}_{67}\text{Ho}$	$^{169}_{68}\text{Er}$	$^{171}_{68}\text{Er}$	$^{171}_{69}\text{Tm}$	$^{175}_{70}\text{Yb}$	$^{177}_{71}\text{Lu}$	$^{181}_{74}\text{W}$
$^{185}_{74}\text{W}$	$^{187}_{74}\text{W}$	$^{183}_{75}\text{Re}$	$^{186}_{75}\text{Re}$	$^{188}_{75}\text{Re}$	$^{185}_{76}\text{Os}$	$^{191}_{76}\text{Os}$
$^{193}_{76}\text{Os}$	$^{190}_{77}\text{Ir}$	$^{194}_{77}\text{Ir}$	$^{191}_{78}\text{Pt}$	$^{193}_{78}\text{Pt}$	$^{197}_{78}\text{Pt}$	$^{196}_{79}\text{Au}$
$^{198}_{79}\text{Au}$	$^{199}_{79}\text{Au}$	$^{197}_{80}\text{Hg}$	$^{197}_{80}\text{Hg}^{\text{m}}$	$^{203}_{80}\text{Hg}$	$^{200}_{81}\text{Tl}$	$^{201}_{81}\text{Tl}$
$^{202}_{81}\text{Tl}$	$^{203}_{82}\text{Pb}$	$^{206}_{83}\text{Bi}$	$^{212}_{83}\text{Bi}$	$^{220}_{86}\text{Rn}$	$^{222}_{86}\text{Rn}$	$^{226}_{90}\text{Th}$
$^{231}_{90}\text{Th}$	$^{234}_{90}\text{Th}$	$^{233}_{91}\text{Pa}$	$^{231}_{92}\text{U}$	$^{237}_{92}\text{U}$	$^{240}_{92}\text{U}$	$^{239}_{93}\text{Np}$
$^{240}_{93}\text{Np}$	$^{234}_{94}\text{Pu}$	$^{237}_{94}\text{Pu}$	$^{245}_{94}\text{Pu}$	$^{238}_{95}\text{Am}$	$^{240}_{95}\text{Am}$	$^{244}_{95}\text{Am}$
$^{244}_{95}\text{Am}^{\text{m}}$	$^{238}_{96}\text{Cm}$	$^{250}_{97}\text{Bk}$	$^{244}_{98}\text{Cf}$	$^{254}_{100}\text{Fm}$		

CLASSE D - BAIXA RADIOTOXICIDADE

^3_1H	$^{15}_8\text{O}$	$^{37}_{18}\text{Ar}$	$^{51}_{25}\text{Mn}$	$^{52}_{25}\text{Mn}^{\text{m}}$	$^{53}_{25}\text{Mn}$	$^{56}_{25}\text{Mn}$
$^{58}_{27}\text{Co}^{\text{m}}$	$^{60}_{27}\text{Co}^{\text{m}}$	$^{61}_{27}\text{Co}$	$^{62}_{27}\text{Co}^{\text{m}}$	$^{59}_{28}\text{Ni}$	$^{69}_{30}\text{Zn}$	$^{71}_{32}\text{Ge}$

${}_{36}^{76}\text{Kr}$	${}_{36}^{79}\text{Kr}$	${}_{36}^{81}\text{Kr}$	${}_{36}^{83}\text{Kr}^{\text{m}}$	${}_{36}^{85}\text{Kr}^{\text{m}}$	${}_{36}^{85}\text{Kr}$	${}_{38}^{80}\text{Sr}$
${}_{38}^{81}\text{Sr}$	${}_{38}^{85}\text{Sr}^{\text{m}}$	${}_{38}^{87}\text{Sr}^{\text{m}}$	${}_{39}^{91}\text{Y}^{\text{m}}$	${}_{41}^{88}\text{Nb}$	${}_{41}^{89}\text{Nb}^{(66\text{m})}$	${}_{41}^{89}\text{Nb}^{(122\text{m})}$
${}_{41}^{97}\text{Nb}$	${}_{41}^{98}\text{Nb}$	${}_{42}^{93}\text{Mo}^{\text{m}}$	${}_{42}^{101}\text{Mo}$	${}_{43}^{96}\text{Tc}^{\text{m}}$	${}_{43}^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$	${}_{45}^{103}\text{Rh}^{\text{m}}$
${}_{49}^{113}\text{In}^{\text{m}}$	${}_{52}^{116}\text{Te}$	${}_{52}^{123}\text{Te}$	${}_{52}^{127}\text{Te}$	${}_{52}^{129}\text{Te}$	${}_{52}^{133}\text{Te}$	${}_{53}^{120}\text{I}^{\text{m}}$
${}_{53}^{121}\text{I}$	${}_{53}^{128}\text{I}$	${}_{53}^{129}\text{I}$	${}_{53}^{134}\text{I}$	${}_{54}^{131}\text{Xe}^{\text{m}}$	${}_{54}^{133}\text{Xe}$	${}_{55}^{125}\text{Cs}$
${}_{55}^{127}\text{Cs}$	${}_{55}^{129}\text{Cs}$	${}_{55}^{130}\text{Cs}$	${}_{55}^{131}\text{Cs}$	${}_{55}^{134}\text{Cs}^{\text{m}}$	${}_{55}^{135}\text{Cs}$	${}_{55}^{135}\text{Cs}^{\text{m}}$
${}_{55}^{138}\text{Cs}$	${}_{58}^{137}\text{Ce}$	${}_{76}^{191}\text{Os}^{\text{m}}$	${}_{78}^{193}\text{Pt}^{\text{m}}$	${}_{78}^{197}\text{Pt}^{\text{m}}$	${}_{84}^{203}\text{Po}$	${}_{84}^{205}\text{Po}$
${}_{84}^{207}\text{Po}$	${}_{88}^{227}\text{Ra}$	${}_{92}^{235}\text{U}$	${}_{92}^{238}\text{U}$	${}_{92}^{239}\text{U}$	${}_{92}\text{U}_{\text{nat}}$	${}_{94}^{235}\text{Pu}$
${}_{94}^{243}\text{Pu}$	${}_{95}^{237}\text{Am}$	${}_{95}^{239}\text{Am}$	${}_{95}^{245}\text{Am}$	${}_{95}^{246}\text{Am}^{\text{m}}$	${}_{95}^{246}\text{Am}$	${}_{96}^{249}\text{Cm}$

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
$^{99}\text{Tc}^m$	1.200	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
$^{99}\text{Tc}^m$	D	1.200	marcação	0,1	> 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
$^{99}\text{Tc}^m$	900	Marcação

SOLUÇÃO:

Rad	Classe	Ativ. (mCi)	Cond.Trab.	F	Limites	Grupo
^{131}I	B	100	alíquota	10	1mCi- 1Ci	V
^{32}P	C	100	alíquota	10	10mCi- 10Ci	V
^{99}Mo	C	500	armazenagem	100	100mCi- 100Ci	V
$^{99}\text{Tc}^m$	D	900	marcação	0,1	1mCi- 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 :

$$A = 0$$

$$B = 100$$

$$F_B = 10$$

$$C_1 = 100$$

$$F_{C_1} = 10$$

$$C_2 = 500$$

$$F_{C_2} = 100$$

$$D = 900$$

$$F_D = 0,1$$

$$\begin{aligned} \therefore A_N &= 0 + \frac{100}{10^2 \cdot 10} + \frac{1}{10^3} \left(\frac{100}{10} + \frac{500}{100} \right) + \frac{1}{10^4} \cdot \frac{900}{0,1} = \\ &= \frac{100}{10^3} + \frac{1}{10^3} (10 + 5) + \frac{900}{1000} = \\ &= \frac{100}{1000} + \frac{15}{1000} + \frac{900}{1000} = 1,015 \text{mCi} \end{aligned}$$

∴ Classificação da instalação: GRUPO VI

EXEMPLO 3

Mesmos dados do exemplo 2, sem a atividade do $^{99}\text{Tc}^m$.

Qual a máxima atividade possível de $^{99}\text{Tc}^m$ para que a instalação seja ainda classificada no Grupo V ?

SOLUÇÃO:

Impondo-se a condição do Grupo V para a determinação de A_N :

$$A_N = \frac{100}{10^2 \cdot 10} + \frac{1}{10^3} \left(\frac{100}{10} + \frac{500}{100} \right) + \frac{1}{10^4} \cdot \frac{D}{0,1} \leq 1 \text{mCi}$$

$$\therefore \frac{100}{1000} + \frac{10}{1000} + \frac{5}{1000} + \frac{D}{1000} \leq 1$$

$$\therefore \frac{D}{1000} \leq 1 - \frac{115}{1000}$$

$$\therefore \frac{D}{1000} \leq 1 - \frac{885}{1000}$$

$$\therefore \boxed{D \leq 885 \text{ mCi}}$$

COMISSÃO DE ESTUDO

Presidente:	Júlio Jansen Labome	DNE/CNEN
Membros:	Abércio Arantes Pereira	IER
	Ângelo Alberto Maestrini	QUALITEC
	Anna Maria Campos de Araújo	IRD/CNEN
	Antonio Carlos G. Castagnet	IPEN/CNEN
	Antonio Gonçalves da Rocha	CMN
	Cristina Maria Augusto Arrieta	DIN/CNEN
	Daniel Miedzinski	Darex PQP
	Dirceu Martins Vizeu	EMBRARAD
	Edmundo Emanuel Teixeira	DNE/CNEN
	José Clemente M. Pinto	CBR
	José Luiz Affonso Fuser	CBR
	José Maria Vasconcellos da Silva	DIN/CNEN
	José Roberto Arruda	MT
	Frederico Maximiliano Wiendl	CENA
	Maria Cecília Rolim Tenório de Deus	PJ/CNEN
	Maria de Fátima Coutinho da Silva	DNE/CNEN
	Paulo Biaso Villar do Valle	CBR
	Yoná Maria Lima Moreira	ABDN