

# Norma CNEN NN 4.01

## Classificação das Instalações Mínero-Industriais no Brasil

Henrique Takuji Fukuma – CNEN/LAPOC

# NORMA CNEN NN 4.01: REQUISITOS DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA PARA INSTALAÇÕES MÍNERO-INDUSTRIAIS

- Resolução CNEN 28/04
- Publicação: DOU 06.01.2005
- Retificação: DOU 26.05.2005
- Resolução CNEN 208/16
- Publicação: DOU 26.12.2016

Instalação mínero-industrial - local no qual matérias-primas contendo radionuclídeos das séries naturais do urânio e/ou tório são lavradas e/ou industrializadas, incluindo os locais de armazenamento de escórias e resíduos.

Objetivo: estabelecer os requisitos de segurança e proteção radiológica com vistas à emissão de **Autorização para posse, uso e armazenamento** de minérios, matérias-primas e materiais contendo radionuclídeos das séries naturais do U e/ou Th em instalações mínero-industriais nas quais sejam lavrados, beneficiados e industrializados, incluindo locais de armazenamento inicial de escórias e resíduos radioativos

## INSTALAÇÕES NÃO PERTENCENTES AO ESCOPO DA NORMA CNEN NN 4.01

I - instalações destinadas à extração de U e/ou Th (Norma CNEN NE 1.13);

II - Instalações Radiativas, reguladas pela Norma CNEN NN 6.02;

III - instalações minero-industriais que apresentem concentração de atividade:

a) não superior a um valor médio anual de 10 Bq/g **medido durante um período de operação de 3 anos**, desde que o mesmo insumo e os mesmos processos de extração, beneficiamento e metalúrgico sejam mantidos e que a **dose efetiva anual a que possam estar submetidos os seus trabalhadores não ultrapasse 1 mSv**; ou

b) nas quais a dose efetiva anual a que possam estar submetidos os seus **trabalhadores não ultrapasse 1 mSv** e a dose anual a que esteja submetido o **grupo crítico ou o indivíduo representativo não ultrapasse 0,3 mSv**;

IV - o uso ou industrialização posterior de produtos, subprodutos, coprodutos, resíduos, escórias e demais materiais provenientes das instalações minero-industriais que contenham radionuclídeos das séries naturais do urânio e do tório em concentrações de atividade inferiores aos limites de isenção estabelecidos pela CNEN; e

V - a deposição final de rejeitos radioativos provenientes de instalações minero-industriais.

**Os depósitos iniciais de rejeitos das instalações minero-industriais serão regulamentados por Norma específica da CNEN.**

# CLASSIFICAÇÃO DAS INSTALAÇÕES MÍNERO-INDUSTRIAIS

As instalações que apresentam concentração de **atividade total** dos radionuclídeos das séries naturais do U e/ou Th:

- Superior a 500 Bq/g: Categoria I
- Compreendida entre 500 Bq/g e 100 Bq/g: Categoria II
- inferior a 100 Bq/g e superior a 10 Bq/g: Categoria III

**Estabelecimento da categoria se dá pelo material com a maior atividade total**

**A instalação mineiro-industrial cuja mina esteja situada em local distinto da usina pode admitir classificação em duas categorias.**

**A classificação da instalação é estabelecida pela CNEN**

## Concentração de atividade total de radionuclídeos naturais das séries do urânio e/ou tório [CT]

Concentração de atividade total é soma das concentrações de radionuclídeos da cadeia do U-238 e do Th-232, podendo ser estimada levando-se em consideração as hipóteses de:

- a) equilíbrio secular;
- b) equilíbrio parcial, considerando as subséries U-238, Ra-226 e Pb-210 da série do Urânio-238 e as subséries Th-232 e Ra-228 da série do Tório-232; ou
- c) desequilíbrio, que implica na soma das concentrações de todos os radionuclídeos presentes;

**Obs: contribuição da cadeia do  $^{235}\text{U}$  nos cálculos para a classificação da instalação não é considerada, devido a seu valor ser relativamente baixo na composição isotópica do urânio (0,72%)**

# HIPÓTESES CONSIDERADAS PARA CÁLCULO DA ATIVIDADE TOTAL

Concentração de atividade total de radionuclídeos naturais das séries do urânio e/ou tório [CT]

Hipótese: equilíbrio secular

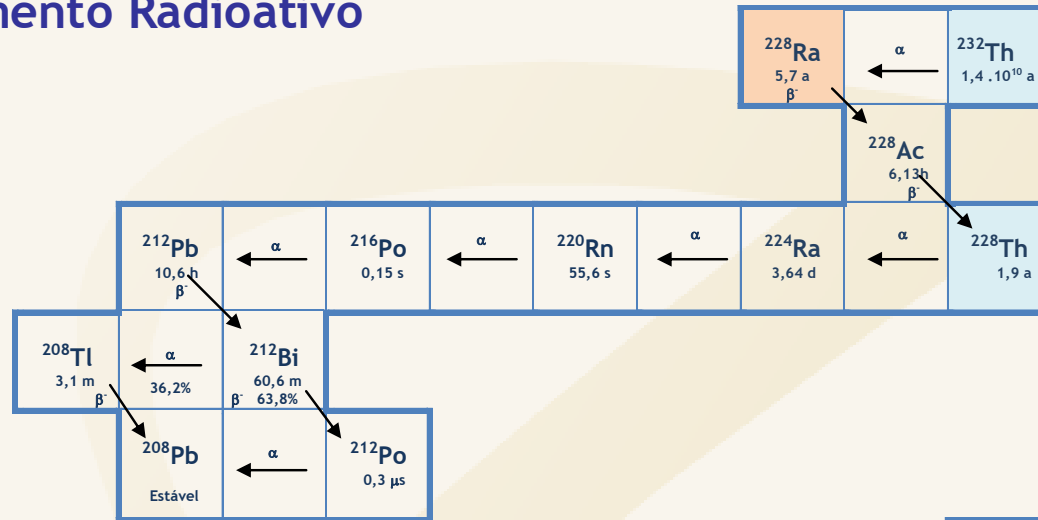
$$[CT] = A_{U-238} \times 14 + A_{Th-232} \times 10$$

Hipótese: equilíbrio parcial

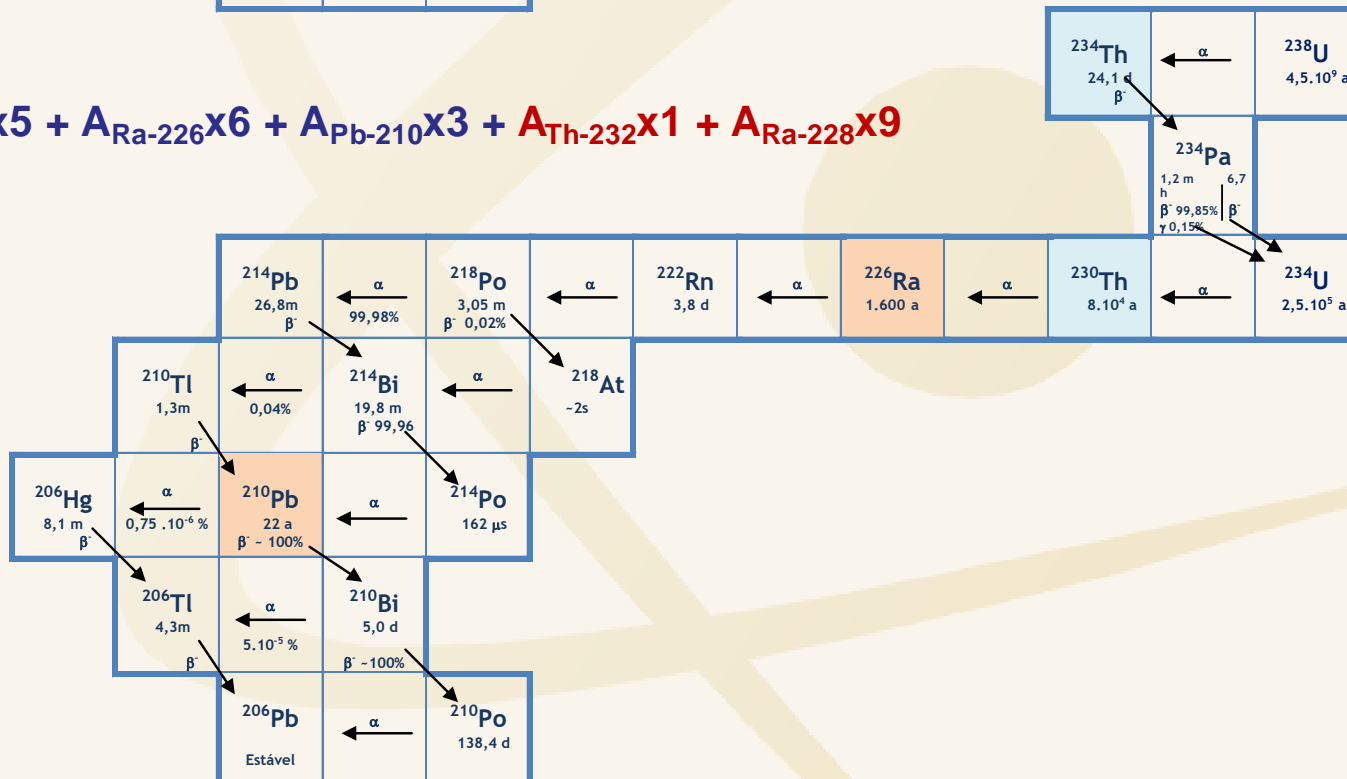
$$[CT] = A_{U-238} \times 5 + A_{Ra-226} \times 6 + A_{Pb-210} \times 3 + A_{Th-232} \times 1 + A_{Ra-228} \times 9$$

Hipótese de equilíbrio: soma das concentrações de todos os radionuclídeos das séries naturais presentes.

# Decaimento Radioativo



$$[CT] = A_{U-238} \times 5 + A_{Ra-226} \times 6 + A_{Pb-210} \times 3 + A_{Th-232} \times 1 + A_{Ra-228} \times 9$$



## CÁLCULO DA ATIVIDADE DE 1 g DE Th-232

Meia-vida do Th-232 é  $1,4 \times 10^{10}$  anos =  $4,415 \times 10^{17}$ s

1 átomo-grama de Th-232 = 232 g

Número de Avogadro:  $6,02 \times 10^{23}$

232 g -----  $6,02 \times 10^{23}$  átomos

1 g ----- x

x =  $2,5294 \times 10^{21}$  átomos em 1 g

$$A = \lambda N$$

$$\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$$

$$\lambda = 0,693 / (1,4 \times 10^{10} \times 365 \times 24 \times 60 \times 60)$$

$$\lambda = 0,693 / 4,415 \times 10^{17}$$

$$\lambda = 1,57 \times 10^{-18}$$

$$A = 2,6 \times 10^{21} \times 1,57 \times 10^{-18} = \underline{4.082 \times 10^3 \text{ Bq/g}} \text{ ou}$$

$$A = 4,08 \text{ Bq/mg}$$

$$\text{Th (mg/L)} \times 4,08 = \text{Th - 232 (Bq/L)}$$

$$\text{Th (mg/kg)} \times 4,08 = \text{Th - 232 (Bq/kg)}$$

$$\text{ThO}_2 \rightarrow \text{Th (fator 1,138)}$$

$$\text{ThO}_2 \text{ (mg/L)} \times 4,08/1,138 = \text{ThO}_2 \text{ (mg/L)} \times 3,6 = \text{Th - 232 (Bq/L)}$$

$$\text{ThO}_2 \text{ (mg/kg)} \times 4,08/1,138 = \text{ThO}_2 \text{ (mg/kg)} \times 3,6 = \text{Th - 232 (Bq/kg)}$$



## CÁLCULO DA ATIVIDADE DE 1 g DE U-238

Meia-vida do U-238 é  $4,468 \times 10^9$  anos =  $1,419 \times 10^{17}$ s

1 átomo-grama de U = 238,029 g

Abundância isotópica do U-238: 99,3 %

Número de Avogadro:  $6,02 \times 10^{23}$

238,029 g -----  $6,02 \times 10^{23}$  átomos

1 g ----- x

x =  $2,529 \times 10^{21}$  átomos em 1 g

$$A = \lambda N$$

$$\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$$

$$\lambda = 0,693 / (4,468 \times 10^9 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60)$$

$$\lambda = 0,693 / 1,419 \times 10^{17}$$

$$\lambda = 4,884 \times 10^{-18}$$

$$A = 2,529 \times 10^{21} \times 4,884 \times 10^{-18} \times 0,993 = \underline{12.265 \text{ Bq/g}} \text{ ou}$$

$$A = 12,27 \text{ Bq/mg}$$

$$U \text{ (mg/L)} \times 12,27 = U - 238 \text{ (Bq/L)}$$

$$U \text{ (mg/kg)} \times 12,27 = U - 238 \text{ (Bq/kg)}$$



$$U_3O_8 \text{ (mg/L)} \times 12,27/1,179 = U_3O_8 \text{ (mg/L)} \times 10,4 = U-238 \text{ (Bq/L)}$$

$$U_3O_8 \text{ (mg/kg)} \times 12,27/1,179 = U_3O_8 \text{ (mg/kg)} \times 10,4 = U-238 \text{ (Bq/kg)}$$

## ALTERAÇÕES TÉCNICAS, MODIFICAÇÕES OU AMPLIAÇÕES

As alterações técnicas, modificações ou ampliações a serem realizadas na instalação minero-industrial, as quais tenham implicações significativas nas áreas de segurança e proteção radiológica, devem ser previamente submetidas à aprovação da CNEN.

Alterações técnicas, modificações ou ampliações realizadas na instalação minero-industrial podem implicar em **mudança de categoria da instalação** e em nova avaliação por parte da CNEN.

# Instalações mínero-industriais

## RESUMO

Classificação das instalações	Nº de instalações	[Bq/g]
<b>Mina</b>		
Isenta	4	< 10
III	11	10 - 100
II	1	100 - 500
I	0	> 500
<b>Usina</b>		
Isenta	8	< 10
III	11	10 - 100
II	6	100 - 500
I	14	> 500
Instalações em avaliação	7	
Número total de instalações	42	

11 Estados: SP/MG/PR/PA/PB/GO/RO/AM/BA/CE/RS

A large, stylized yellow graphic in the background depicts a person's head and neck. The head is formed by a thick, curved line, and a circular shape represents the face. A diagonal line extends from the top right towards the bottom left, crossing the head and neck area.

**Obrigado a todos**

**E-mail: [henrique.fukuma@cnen.gov.br](mailto:henrique.fukuma@cnen.gov.br)**