

# FORMULÁRIO DE GABARITO DAS QUESTÕES OBJETIVAS

## ANO 2023

### Área de Certificação: Mina e Usina de Beneficiamento Físico, Químico e Metalúrgico de Minérios com U ou Th Associados

**Questão 1 (Valor: 1,0 ponto):** Assinale a alternativa que relaciona corretamente as obrigações abaixo listadas ao Titular ou ao Supervisor de Proteção Radiológica de uma instalação mineiro-industrial:

- I – Orientar e avaliar o desempenho dos indivíduos ocupacionalmente expostos, sob o ponto de vista de segurança nuclear ou radiológica e proteção radiológica.
- II – Deve responder junto à CNEN pelo cumprimento das Normas da CNEN aplicáveis.
- III – Notificar imediatamente à CNEN qualquer acidente ocorrido na instalação mineiro-industrial.

- a) I: Titular, II e III: Supervisor de Proteção Radiológica.
- b) I: Supervisor de Proteção Radiológica, II e III: Titular.
- c) I e II: Supervisor de Proteção Radiológica, III: Titular.
- d) I, II e III: Titular.
- e) I, II e III: Supervisor de Proteção Radiológica.

**Gabarito da questão 1: LETRA B**

**Questão 2 (Valor: 1,0 ponto):** Assinale a alternativa CORRETA:

- a) A Norma CNEN NN 4.01 também é aplicável a instalações destinadas à extração de urânio e tório.
- b) O uso de qualquer produto comercializado pelas instalações mineiro-industriais está sujeito ao atendimento dos requisitos da Norma CNEN NN 4.01.
- c) Com vistas à Autorização, instalações da Categoria III devem apresentar à CNEN, além do requerimento, apenas as informações preliminares especificadas na Norma CNEN NN 4.01.
- d) Instalações que processem substâncias radioativas sólidas naturais ou concentradas em concentrações superiores a 10 Bq/g estão isentas dos requisitos da Norma CNEN NN 4.01, desde que a dose a que possam estar submetidos seus trabalhadores seja inferior a 1 mSv/ano.
- e) Instalações que processem substâncias radioativas sólidas naturais ou concentradas em concentrações entre 10 Bq/g e 100 Bq/g são classificadas, de acordo com a Norma CNEN NN 4.01, como Categoria II, sempre que a dose a que possam estar submetidos os indivíduos do público seja inferior a 1 mSv/ano.

**Gabarito da questão 2: LETRA C**

**Questão 3 (Valor: 2,0 pontos):** Analise as informações que devem ser submetidas para avaliação da CNEN e identifique cada uma com o código da respectiva fase em que devem ser apresentadas: pré-operacional (PO), operacional (O) ou descomissionamento (D):

- ( ) Procedimentos técnicos e administrativos para descontaminação da instalação e dos seus equipamentos.

- ( ) Caracterização dos níveis de radioatividade existentes, abrangendo as áreas de potencial impacto e as que servirão de controle posterior.
- ( ) Alterações técnicas, modificações ou ampliações a serem realizadas na instalação, que tenham implicações significativas nas áreas de segurança e proteção radiológica.
- ( ) Estimativa de parâmetros relevantes para a avaliação da dose efetiva do indivíduo do público e do impacto ambiental.
- ( ) Alternativas para o destino a ser dado aos estoques de minérios e concentrados, resíduos e rejeitos radioativos, escórias e sucatas.

**Gabarito da questão 3: D, PO, O, PO, D**

**Questão 4 (Valor: 1,0 ponto):** A CNEN pode determinar a implementação de medidas mitigadoras ou de ações de remediação quando o incremento das doses para indivíduos do grupo crítico, devido a liberação de efluentes (líquidos ou aerotransportados) por uma instalação mineiro industrial, excederem:

- a) 0,3 mSv/ano
- b) 1 mSv/ano.
- c) 5 mSv/ano.
- d) 20 mSv/ano.
- e) 50 mSv/ano.

**Gabarito da questão 4: LETRA A**

## GABARITO DAS QUESTÕES DISCURSIVAS ANO 2023

### Área de Certificação: Mina e Usina de Beneficiamento Físico, Químico e Metalúrgico de Minérios com U ou Th Associados

**Questão 5 (Valor total da questão: 3,0 pontos):** Numa dada instalação, foram obtidas as seguintes concentrações de atividade, de acordo com a Tabela a seguir:

Espécies	Alimentação (Bq/kg)	Produto (Bq/kg)	Rejeito (Bq/kg)
<sup>238</sup> U	20.000	18.000	28.000
<sup>232</sup> Th	15.000	14.000	19.000
<sup>210</sup> Pb	18.000	16.000	26.000
<sup>226</sup> Ra	18.000	15.000	30.000
<sup>228</sup> Ra	14.000	11.000	26.000

**5.a) (Valor: 1,5 ponto)** Calcule a concentração de atividade total da alimentação, produto e rejeito, utilizando a hipótese de 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.

**RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 5.a):**

Cálculo da atividade total:  $AT = A^{238}\text{U} \times 5 + A^{232}\text{Th} + A^{210}\text{Pb} \times 3 + A^{226}\text{Ra} \times 6 + A^{228}\text{Ra} \times 9$

Alimentação:  $20.000 \times 5 + 15.000 + 18.000 \times 3 + 18.000 \times 6 + 14.000 \times 9 = 100.000 + 15.000 + 54.000 + 108.000 + 126.000 = 403.000 \text{ Bq/kg}$

Produto:  $18.000 \times 5 + 14.000 + 16.000 \times 3 + 15.000 \times 6 + 11.000 \times 9 = 90.000 + 14.000 + 48.000 + 90.000 + 99.000 = 341.000 \text{ Bq/kg}$

Rejeito:  $28.000 \times 5 + 19.000 + 26.000 \times 3 + 30.000 \times 6 + 26.000 \times 9 = 140.000 + 19.000 + 78.000 + 180.000 + 234.000 = 651.000 \text{ Bq/kg}$

**5.b) (Valor: 0,5 ponto)** Determine a classificação esperada para a instalação, de acordo com a Norma CNEN NN 4.01 "Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Instalações Mínero-industriais".

**RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 1.b):** Categoria I

**5.c) (Valor: 1,0 ponto)** Justifique a classificação.

**RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 5.c):** É uma instalação de Categoria I por apresentar concentração de atividade total dos radionuclídeos das séries naturais do urânio e/ou tório superior a 500 Bq/g (Norma CNEN NN 4.01, Art. 6º, inciso I). É considerado o fluxo com a maior concentração de atividade total; neste caso, o do rejeito.

**Questão 6 (Valor total da questão: 2,0 pontos):** Em inspeção realizada em determinada indústria de beneficiamento de minérios, amostras de efluentes foram

coletadas e analisadas para determinação da concentração de alguns radionuclídeos. Os resultados são apresentados na tabela a seguir:

AMOSTRA	Ra-226 (Bq/L)	Ra-228 (Bq/L)	U-238 (Bq/L)	Pb-210 (Bq/L)
Ponto de lançamento do efluente líquido no rio	68	13,6	1,82	20
A jusante do rio	14,8	3,0	0,4	4,4
A montante do rio	0,0007	0,07	0,032	0,010

Levando em conta apenas a via de exposição “ingestão pelo grupo crítico (pessoa representativa)”, de 2 litros de água por dia:

DADOS: Fatores de Conversão:  
U-238: 0,036  $\mu\text{Sv/Bq}$   
Ra-226: 0,22  $\mu\text{Sv/Bq}$   
Ra-228: 0,27  $\mu\text{Sv/Bq}$   
Pb-210: 1,30  $\mu\text{Sv/Bq}$

**6.a) (Valor: 1,5 ponto)** Verifique se a operação da instalação está acarretando exposição desse grupo a doses superiores ao limite estabelecido para indivíduos do público.

**RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 6.a):**

Para identificar a influência da instalação nas doses dos indivíduos do público, deve-se considerar o ponto a jusante.

Consumo anual = 2 L/dia x 365 dias = 730 litros/ano

Dose = Concentração (Bq/L) x Fator ( $\mu\text{Sv/Bq}$ ) =  $\mu\text{Sv/L}$

Dose Ra-226:  $14,8 \times 0,22 = 3,256 \mu\text{Sv/L}$

Dose Ra-228:  $3,0 \times 0,27 = 0,81 \mu\text{Sv/L}$

Dose U-238:  $0,4 \times 0,036 = 0,0144 \mu\text{Sv/L}$

Dose Pb-210:  $4,4 \times 1,3 = 5,72 \mu\text{Sv/L}$

Dose Total = Dose Ra-226 + Dose Ra-228 + Dose U-238 + Dose Pb-210  
=  $3,256 + 0,81 + 0,0144 + 5,72$   
=  $9,8004 \mu\text{Sv/L}$

Dose anual = Dose total ( $\mu\text{Sv/L}$ ) x consumo anual (L/ano)  
=  $9,8004 \times 730$   
=  $7.154,29 \mu\text{Sv/ano}$   
= **7,2 mSv/ano**

**Sim, a instalação está acarretando exposição a doses superiores ao limite estabelecido para indivíduos do público (1 mSv/ano).**

**6.b) (Valor: 0,5 ponto)** Identifique os radionuclídeos que mais contribuem para essa exposição.

**RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 2.b): Pb-210, Ra-226, Ra-228 e U-238, em ordem decrescente.**