

GABARITO DA PROVA ESPECÍFICA ESCRITA - 2025

ÁREA DE ATUAÇÃO I-EI - USINA DE ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO

Gabarito Parte I - Questões Objetivas

QUESTÃO	ALTERNATIVA				
1	☐ A	☐ B	☒ C	☐ D	☐ E
2	☒ A	☐ B	☐ C	☐ D	☐ E
3	☐ A	☐ B	☐ C	☐ D	☒ E

GABARITO DA PROVA ESPECÍFICA ESCRITA - 2025

ÁREA DE ATUAÇÃO I-EI - USINA DE ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO

Gabarito Parte II - Questões Discursivas

Questão 1 – Valor total 1,2 Pontos

Incluir na resposta:

- I - Conceitos de barreiras de defesa em profundidade; **(0,4 ponto)**
- II - Interface com segurança operacional e física; **(0,4 ponto)**
- III - Práticas de liderança em segurança e comunicação de risco. **(0,4 ponto)**

Aspectos a serem abordados na resposta:

- Falhas latentes: causas ocultas, não manifestas até combinadas com outras condições, como distração, cansaço, falha de comunicação.
- Exemplos: procedimentos mal escritos, treinamento incompleto, dependência de operadores experientes, troca de turno sem transferência de conhecimento.
- Defesa em profundidade: aplicação de barreiras físicas, administrativas e humanas.
- Supervisor de PR pode mitigar:
 - Participando de análises de risco de rotina;
 - Observando operações críticas;
 - Reforçando a comunicação entre turnos;
 - Avaliando feedback dos operadores.
- Integração com segurança física e operacional: alinhamento com o responsável de segurança industrial e comissões internas.

Referências:

Norma CNEN NE 1.04; Posição Regulatória CNEN NE 1.04/001, Regulatory Guide 3.25 - Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Uranium Enrichment Facilities, Norma CNEN NN 3.01; Norma CNEN NN 7.01; Norma CNEN NE 1.16

GABARITO DA PROVA ESPECÍFICA ESCRITA - 2025

ÁREA DE ATUAÇÃO I-EI - USINA DE ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO

Questão 2 – Valor 1,2 Pontos

Item A – Valor 0,4 Ponto

Riscos associados:

- Possibilidade de configuração não autorizada de massa e geometria, com risco de reação em cadeia autocontrolada → criticidade accidental.
- Risco elevado se houver presença de água ou materiais moderadores.

Item B – Valor 0,4 Ponto

Medidas imediatas:

- Parada da operação na área afetada.
- Isolamento físico da linha ou tanque suspeito.
- Avaliação conjunta com equipe de processo e engenharia nuclear.
- Verificação da geometria segura e concentração máxima tolerada.
- Dosimetria de área e pessoal, com barreiras de acesso.

Item C – Valor 0,4 Ponto

Comunicação formal:

- Relatório de ocorrência segundo NN 1.16: relato preliminar em 24h, detalhado em até 30 dias.
- Registro formal em livro da instalação, comunicação ao coordenador técnico, CNEN e, se necessário, ao IBAMA (caso ambiental envolvido).

Referências:

Norma CNEN NE 1.04; Posição Regulatória CNEN NE 1.04/001, Regulatory Guide 3.25 - Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Uranium Enrichment Facilities, Norma CNEN NN 3.01; Norma CNEN NN 7.01; Norma CNEN NE 1.16

GABARITO DA PROVA ESPECÍFICA ESCRITA - 2025

ÁREA DE ATUAÇÃO I-EI - USINA DE ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO

Questão 3 – Valor 1,2 Pontos

- Ações imediatas do SPR (0,3 ponto)

- Avaliação da extensão da liberação (uso de detectores e monitores de área);
- Orientação quanto ao uso de EPI/EPC, evacuação ou confinamento de trabalhadores;
- Delimitação e controle da área afetada;
- Interdição da área conforme necessidade.

- Comunicação regulatória (0,3 ponto)

- Notificação inicial à CNEN conforme a NN 1.16 (comunicação oral imediata e relatório preliminar em até 24h);
- Cooperação com o responsável legal e com o Coordenador de Emergência.

- Avaliação de doses e vigilância ambiental (0,3 ponto)

- Coleta de dados dosímetros individuais e ambientais;
- Entrevista e triagem médica dos envolvidos;
- Registro da contaminação e verificação de disseminação;
- Uso de mapas de dose e zonas de segurança.

- Lições aprendidas e cultura de segurança (0,3 ponto)

- Registro formal da ocorrência;
- Reunião pós-evento com análise crítica (debriefing);
- Atualização do plano de emergência e treinamentos;
- Comunicação interna com foco na melhoria da cultura de segurança.

Referências:

Norma CNEN NE 1.04; Posição Regulatória CNEN NE 1.04/001, Regulatory Guide 3.25 - Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Uranium Enrichment Facilities; Norma CNEN NN 3.01; Norma CNEN NN 7.01; Norma CNEN NE 1.16

GABARITO DA PROVA ESPECÍFICA ESCRITA - 2025

ÁREA DE ATUAÇÃO I-EI - USINA DE ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO

Questão 4 – Valor 2,0 Pontos

Etapa 1 - (0,2 ponto)

Identificação e seleção do termo fonte: Em termos gerais, o primeiro elemento da avaliação deve ser a caracterização da(s) fonte(s) de radiação no que se refere à exposição do público (e.g. composição e a quantidade de radionuclídeos relevantes, propriedades físicas (ou seja, gás, aerossol ou líquido) e propriedades químicas do material liberado, características da descarga, etc.).

Etapa 2 - (0,3 ponto)

Transporte do radionuclídeo no ambiente e Modelagem da irradiação direta: Após a etapa 1, deve ser considerada a dispersão no ambiente e a transferência dos radionuclídeos nos compartimentos ambientais relevantes. A irradiação gama direta proveniente da instalação pode contribuir para a exposição externa do público e deve ser incluída na avaliação. A avaliação do transporte dos radionuclídeos no meio ambiente até o indivíduo do público é geralmente feita através de modelos. O primeiro passo nessa avaliação é a identificação dos processos mais relevantes para a estimativa de dose através da elaboração de um modelo conceitual. As concentrações de atividade nos compartimentos ambientais (por exemplo, ar, sedimentos, solo, água, biota) resultantes das descargas postuladas de materiais radioativos devem ser estimadas por meio de modelos matemáticos. Duas abordagens possíveis para o uso de modelos e dados para a avaliação são (a) uma metodologia genérica e mais simples, que leva em consideração a diluição, dispersão e transferência de material radioativo para o ambiente com premissas cautelosas, e (b) uma abordagem específica e metodologia mais detalhada usando parcial ou totalmente dados específicos do local para estimar as concentrações de atividade em diferentes meios ambientais, com suposições mais realistas.

Etapa 3 - (0,4 ponto)

Identificação de vias de exposição: As doses devem ser calculadas para as várias vias de exposição consideradas relevantes para descargas no meio ambiente em cenários específicos. Possíveis vias de exposição para liberações de radionuclídeos para a atmosfera e águas superficiais em operação normal são, por exemplo, as seguintes: i) Inalação de material em suspensão (ou em ressuspensão) numa pluma atmosférica (gases, vapores, aerossóis); ii) Exposição externa a radionuclídeos dispersos em uma pluma atmosférica; iii) Exposição externa a radionuclídeos depositados no solo e em superfícies; iv) ingestão de culturas produzidas no local; v) Ingestão de produtos alimentares de origem animal (leite, carne, ovos); vi) Ingestão de alimentos aquáticos (peixes de água doce ou salgada, crustáceos, moluscos); vii) Ingestão de água potável; viii) Exposição externa de radionuclídeos na água e sedimentos. A contribuição de uma via de exposição para a dose total depende dos radionuclídeos envolvidos, dos dados de hábitos, do tempo gasto no local e de outras características da população considerada. Portanto, algumas vias de exposição podem ser excluídas da avaliação com base em que as doses associadas a elas são avaliadas como inexistentes ou insignificantes. A decisão de excluir determinadas vias de exposição deve ser justificada.

GABARITO DA PROVA ESPECÍFICA ESCRITA - 2025

ÁREA DE ATUAÇÃO I-EI - USINA DE ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO

Etapa 4 - (0,4 ponto)

Identificação da pessoa representativa ou grupo crítico para operação normal: A dose para a pessoa representativa (ou grupo crítico) deve ser calculada usando características selecionadas de um grupo de indivíduos representativos daqueles mais altamente expostos na população. Os dados de hábitos da pessoa representativa (ou grupo crítico) devem representar os hábitos típicos da população residente na região onde está localizada a unidade ou no Estado como um todo. Os dados de hábitos usados em uma avaliação podem ser obtidos de estatísticas coletadas em nível nacional, regional ou internacional ou, quando possível, de pesquisas realizadas no local ou próximo ao local onde a instalação funcionará. Dados de hábitos incluem taxas de consumo de alimentos e água potável e taxas de inalação. Características importantes ao avaliar doses para a pessoa representativa (ou grupo crítico) são a localização presumida da pessoa representativa (ou grupo crítico) (por exemplo, sua distância e direção do ponto de liberação de radionuclídeos). Também é importante o local onde o representante (ou grupo crítico) obtém os alimentos, a fração dos alimentos consumidos de origem local ou regional, os tempos de ocupação em diferentes locais e as frações do tempo gasto ao ar livre e dentro de casa. O local onde a pessoa representativa mora pode ser baseado em uma pessoa real ou um grupo de pessoas, ou em uma pessoa postulada ou grupo de pessoas vivendo em um local selecionado usando suposições cautelosas.

Etapa 5 - (0,3 ponto)

Cálculo e avaliação da dose: As concentrações de atividade estimadas em vários compartimentos ambientais devem ser então combinadas com dados relevantes sobre hábitos e condições de vida (por exemplo, taxas de respiração, consumo de água, consumo de alimentos), com fatores de ocupação do tempo (por exemplo, o tempo gasto em um determinado local ou dentro ou fora edifícios) e com dados dosimétricos para calcular a dose efetiva individual para a pessoa representativa (ou grupo crítico). A dose efetiva individual para a pessoa representativa (ou grupo crítico) é a soma da dose efetiva comprometida devido a ingestão de radionuclídeos (ou seja, de exposição interna por ingestão e inalação) e a dose efetiva de exposição externa da exposição.

Etapa 6 - (0,4 ponto)

Comparação da dose estimada com as restrições de dose e o limite de dose: As doses estimadas devem ser comparadas com critérios relevantes de dose (restrição e limite) autorizados pela CNEN. A CNEN exige que uma dose efetiva anual de 1 mSv seja definida como limite para membros do público em situações de exposição planejada (antiga "Prática"). Em circunstâncias especiais, um valor mais alto em um único ano pode ser aplicado se a dose média durante cinco anos consecutivos não exceder 1 mSv. As restrições de dose devem ser selecionadas para ficarem dentro da faixa de 0,1 a <1 mSv em um ano. A CNEN adota como condição limitante do processo de otimização da proteção radiológica em uma instalação, o valor máximo de 0,3 mSv para a restrição da dose efetiva anual média para indivíduos do grupo crítico, referente à liberação de efluentes.

Referências:

Norma CNEN NN 3.01; ICRP 103; IAEA - General Safety Guide No. GSG-10; IAEA - General Safety Guide No. GSG-8; IAEA - General Safety Guide No. GSG-9; IAEA - General Safety Requirements Part 3, No. GSR Part 3.

GABARITO DA PROVA ESPECÍFICA ESCRITA - 2025

ÁREA DE ATUAÇÃO I-EI - USINA DE ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO

Questão 5 – Valor 1,0 Ponto

I- Cálculo da concentração de U^{238} no ar ambiente da sala a partir dos dados da amostragem de ar:

$$C_{(U-238)} = m_{(U-238)} / \text{Volume amostrado}$$

$$C_{(U-238)} = 150.10^{-3}g / (4m^3/h \times 6h) = 6,25.10^{-3}g/m^3$$

II- Cálculo da Incorporação, via inalação, de U^{238} (composto Tipo F) pelo IOE que permaneceu sala durante as 6h de atividade sem proteção respiratória:

$$I = Ae_{(U-238)} \cdot C_{(U-238)} \cdot Tx_{(IOE)} \cdot t$$

$$I = 1,2 \cdot 10^4 \text{ Bq/g} \cdot 6,25.10^{-3}g/m^3 \cdot 1,2 m^3/h \cdot 6 h = 540 \text{ Bq}$$

III- Cálculo da Dose, via inalação, de U^{238} (composto Tipo F) pelo IOE que permaneceu sala durante as 6h de atividade sem proteção respiratória:

$$D = I \cdot e(50)$$

$$D = 540 \text{ Bq} \cdot 5,8.10^{-7} \text{ Sv/Bq}$$

$$D = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ Sv ou } 0,3 \text{ mSv}$$

Referências:

Norma CNEN NN 3.01; IAEA - General Safety Guide, No. GSG-7; ICRP Publication 130.

GABARITO DA PROVA ESPECÍFICA ESCRITA - 2025

ÁREA DE ATUAÇÃO I-EI - USINA DE ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO

Questão 6 – Valor 1,0 Ponto

A Contaminação superficial alfa ($C\alpha_{sup}$) pode ser calculada por meio da razão entre a atividade alfa (α) líquida da superfície monitorada e a área da superfície monitorada.

$$C\alpha_{sup} = A_{líquida} / S \quad (1)$$

Determinação da Atividade alfa (α) líquida:

$$A\alpha_{líquida} = (Tc_{\alpha} - Tc_{BG}) / \epsilon_{\alpha} \quad (2)$$

$$A\alpha_{líquida} = (20 \text{ cps} - 10 \text{ cps}) / 0,35 = 28,6 \text{ Bq}$$

Substituindo (2) em (1) temos que a Contaminação superficial alfa ($C\alpha_{sup}$) é dada por:

$$C\alpha_{sup} = 28,6 \text{ Bq} / 5 \text{ cm}^2$$

$$C\alpha_{sup} = 5,7 \text{ Bq/cm}^2$$

Comparando o valor da Contaminação superficial alfa ($C\alpha_{sup}$) obtida por meio da monitoração da peça com o valor limite de $0,3 \text{ Bq/cm}^2$ conclui-se que a peça terá que ser submetida a descontaminação para sair da área controlada para área livre.

Referências:

Norma CNEN NN 3.01; IAEA - General Safety Guide, No. GSG-7; Knoll, G.T. Radiation Detection and Measurements, Wiley, New York, 2000.

GABARITO DA PROVA ESPECÍFICA ESCRITA - 2025

ÁREA DE ATUAÇÃO I-EI - USINA DE ENRIQUECIMENTO ISOTÓPICO

Questão 7 – Valor 1,0 Ponto

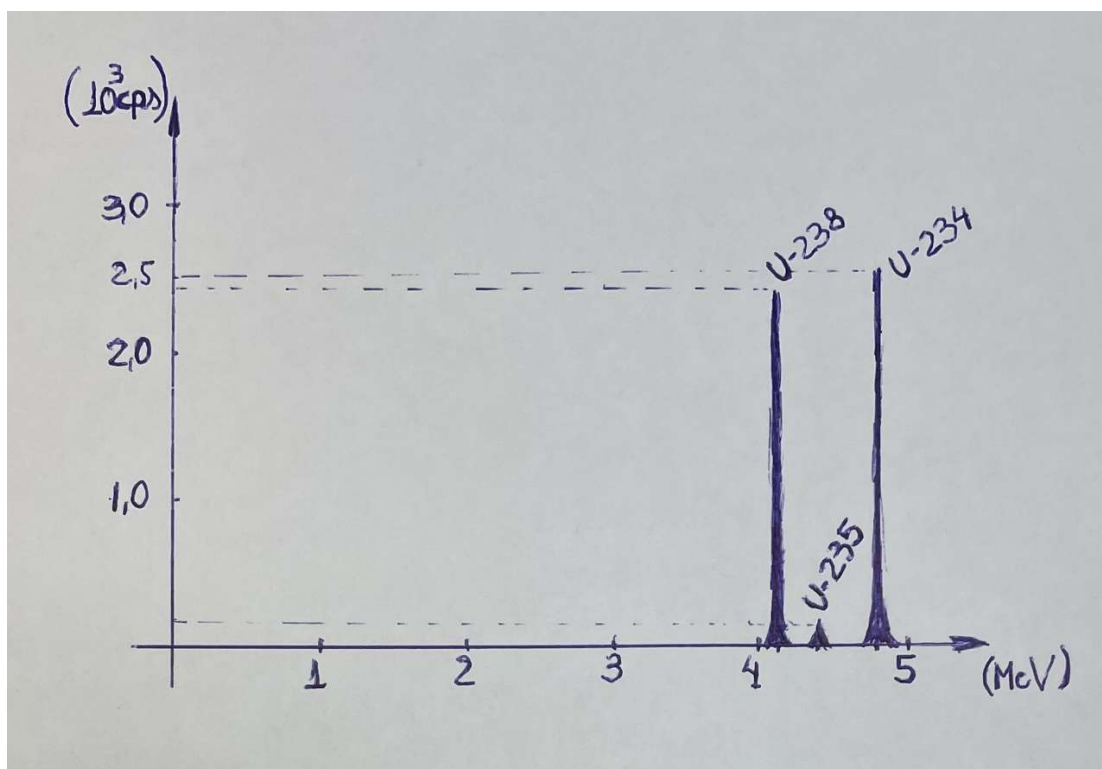
Considerando as atividades informadas para cada um dos isótopos de Urânio contidos em 1g de uma fonte de urânio natural e a eficiência do sistema de detecção, pode-se calcular as taxas de contagem esperadas em cps:

Taxa de Contagem devido ao ^{238}U (4,2 MeV) = $1,23 \cdot 10^4 \text{ Bq} \cdot 0,20 = 2,4 \cdot 10^3 \text{ cps}$

Taxa de Contagem devido ao ^{235}U (4,4 MeV) = $0,06 \cdot 10^4 \text{ Bq} \cdot 0,20 = 0,1 \cdot 10^3 \text{ cps}$

Taxa de Contagem devido ao ^{234}U (4,8 MeV) = $1,25 \cdot 10^4 \text{ Bq} \cdot 0,20 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ cps}$

Então o esboço do gráfico de contagens x energia referente ao espectro de emissão alfa de uma fonte de urânio em sua distribuição isotópica natural é o seguinte:



Referências:

Knoll, G.T. Radiation Detection and Measurements, Wiley, New York, 2000.