

GABARITO DAS QUESTÕES DISCURSIVAS ANO 2023

Área de Certificação: INSTALAÇÃO INDUSTRIAL DE GRANDE PORTE COM IRRADIADOR DE COBALTO

Questão 1 (Valor total da questão: 2,0 pontos): A publicação SSG-8 da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) é um guia de segurança específico, que tem como objetivo fornecer recomendações sobre como atender as exigências básicas de segurança com relação aos irradiadores industriais. As instalações consideradas dentro do escopo da publicação SSG-8 são aquelas que operam com irradiadores de grande porte (emissores de radiação gama) e equipamentos geradores de radiação ionizante. Tendo como referência o documento citado, responda as questões a, b e c:

1.a) (Valor: 0,6 pontos): Segundo o documento SSG-8, as instalações industriais que possuem irradiadores de grande porte que utilizam fontes radioativas podem ser classificadas nas categorias I, II, III e IV. Neste sentido, quais são os parâmetros utilizados, no documento citado, para a criação dessas quatro categorias? Adicionalmente, aponte as principais diferenças entre as categorias III e IV, com relação a esses parâmetros.

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 1.a):

Os parâmetros utilizados para a criação das quatro categorias são: o projeto da instalação, acessibilidade à fonte radioativa e a blindagem da mesma.

Irradiadores de categoria III possuem fontes que estão permanentemente imersas (blindadas) em um reservatório contendo água, não necessitando de uma configuração adicional de blindagem. O acesso de pessoas ao local de irradiação (próximo às fontes) é fisicamente restrito e controlado por sistemas de segurança. Em irradiadores de categoria IV as fontes são deslocadas do reservatório quando em operação e permanecem imersas em água quando não estão em uso, portanto, as blindagens são configuradas para duas situações distintas. Para a categoria IV o acesso de indivíduos às fontes (dentro do reservatório) só pode ser realizado após transpor a sala de irradiação, que é fisicamente restrita e controlada por sistemas de segurança.

1.b) (Valor: 0,6 pontos): A interação da radiação ionizante com o ar atmosférico pode induzir a radiólise do mesmo, levando a formação de gás ozônio. Em irradiadores de grande porte esse fenômeno radioquímico pode representar um risco aos trabalhadores, uma vez que o ozônio apresenta alta reatividade química. Diante do exposto, apresente duas medidas de controle que podem solucionar o problema mencionado. Considerar uma instalação de categoria IV.

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 1.b):

Implantar um sistema de exaustão para manter um ambiente de baixa pressão no interior do bunker do irradiador, prevenindo a migração do ozônio para áreas ocupadas.

Instalar um sistema de intertravamento nas portas de acesso ao bunker, com um temporizador, permitindo a redução do nível de ozônio, seja por reversão química ou remoção direta pelo sistema de exaustão.

1.c) (Valor: 0,8 pontos): Irradiadores industriais de grande porte, classificados nas categorias III e IV, mantêm suas fontes armazenadas em piscinas (ou reservatórios) contendo um grande volume de água. Quais são as principais funções da água contida no interior dessas piscinas? Em adição, cite três sistemas de controle que devem ser aplicados à água contida nesses reservatórios. Agora, explique porque essas formas de controle devem ser implementadas.

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 1.c):

A água contida no interior das piscinas atua como meio de blindagem e serve como um dissipador de calor, que é constantemente produzido pelo decaimento das fontes de Co-60.

Tipos de controle que devem ser aplicados à água contida no reservatório de um irradiador de grande porte:

- I. Controle de nível;
- II. Condicionamento físico-químico;
- III. Controle da temperatura (refrigeração).

Razão de implantar os sistemas de controle acima:

- I. O sistema de controle de nível atua para garantir reposição da água perdida no processo de evaporação, mantendo a espessura mínima de segurança para que a água forneça a atenuação necessária. Adicionalmente, o sistema intervém quando o nível de água ultrapassa a altura especificada, evitando possíveis transbordamentos;
- II. O condicionamento físico-químico da água tem a finalidade de evitar a corrosão do encapsulamento das fontes, mantendo sob controle a condutividade, pH e concentração de cloro na água;
- III. O processo de decaimento em fontes de Co-60 com alta atividade produz uma quantidade significativa de calor, elevando a temperatura da água do reservatório. Um sistema de refrigeração é necessário para evitar a perda acentuada de água por evaporação e elevação da umidade. Esses dois efeitos poderiam comprometer a blindagem (nível da água) e danificar equipamentos eletrônicos (umidade).

Questão 2 (Valor: 2,0 pontos): Discorra sobre os seguintes aspectos da filosofia de segurança: defesa em profundidade, redundância, diversidade e independência. Dê ao menos dois exemplos de onde podem ser aplicados esses conceitos em um irradiador gama de categoria IV.

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 2):

Defesa em profundidade – A mais importante contribuição para a filosofia de segurança advém do conceito de defesa em profundidade. Tal conceito deve ser aplicado a todas as atividades relacionadas à segurança, de modo que elas sejam cobertas entre si por uma série de mecanismos. Assim, se ocorrer uma falha, esta poderá ser compensada

ou corrigida pelos outros mecanismos da série. Para atingir esse objetivo pode-se lançar mão dos três conceitos abaixo relacionados.

Redundância – Utilização de um número de estruturas, sistemas ou componentes acima do mínimo necessário para cumprir uma determinada tarefa.

Diversidade – É aplicada aos sistemas redundantes, possuem a mesma função, mas tem princípios de funcionamento diferentes ou são de fabricantes distintos ou estão submetidos a diferentes condições de operação.

Independência – É a separação física e funcional entre os sistemas de segurança, onde a quebra de um componente não leva a inoperância de outro.

Exemplos:

Sistemas que atuam para evitar a interrupção do fornecimento de energia elétrica: baterias e gerador a diesel.

Sistemas que disparam a queda do rack de fontes para a posição de segurança como consequência do acesso inadvertido pela porta de entrada da câmara de irradiação: switch da porta, tapete de pressão, cordão magnético e sensor fotoelétrico.

Questão 3 (Valor: 2,0 pontos): Descreva a linha de eventos que levaram ao acidente de Soreq, em Israel, no dia 21 de junho de 1990. Discorra, também, sobre as lições aprendidas decorrentes deste acidente.

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 3):

- Às 17h de 21 de junho de 1990, a operação do irradiador foi interrompida;
- Apesar das boas condições dos contêineres de papelão, a pressão exercida pelos cilindros pneumáticos na esteira inferior externa da sala de irradiação fez com que os contêineres inchassem, se rompessem e travassem o sistema de movimentação de contêineres;
- Essa deformação se propagou até os contêineres da esteira adjacente, a interna inferior. Isso ocasionou a deformação, que se projetou em direção à grade de fontes;
- O sistema de detecção de tempo de ciclo excedido foi acionado e automaticamente provocou o recolhimento da grade fontes para a posição de repouso;
- A grade de fontes desceu por cerca de um metro, ficando presa por seus módulos superiores na deformação do contêiner na esteira inferior interna;
- O microswitch do guincho estava com problemas e o painel acusava fonte embaixo;
- O centro de emergência de Soreq registrou a interrupção do funcionamento do irradiador e telefonou para o operador do turno, que estava na sua casa;
- O operador chegou às 17h35;
- O painel indicava a grade de fontes na posição de segurança, mas o monitor de radiação interna indicava a grade de fontes na posição de exposição;

- O operador desconsiderou o sinal do monitor de radiação interno, que lhe dava a pior condição, porque a fonte sempre desceu para a posição de segurança e há três anos esse monitor havia dado uma falsa indicação de fonte em posição de irradiação;
- Sem obter consentimento de seus superiores, o operador, por meio de um “truque”, conseguiu que o monitor de radiação interno liberasse a porta e seguiu o procedimento de entrada normal, abrindo a porta com a chave presa ao monitor portátil;
- O operador colocou o monitor na escala mais sensível, mas não o testou contra a fonte de baixa atividade (mantida dentro da fechadura da porta) antes de entrar. Essa escala não estava funcionando. Havia um monitor de reserva, em perfeitas condições, na sala do supervisor de radioproteção (que ele não chamou);
- Não portava dosímetro pessoal;
- Não notou o forte cheiro de ozônio conforme ia entrando na câmara de irradiação;
- Não notou a ausência do efeito Cherenkov, que é aparente quando a grade de fontes está no fundo do tanque, que, nesse irradiador, era visível, ao entrar na sala de irradiação e olhar sob as esteiras;
- As esteiras apresentavam alguns contêineres de papelão danificados. A vista da grade de fontes travada era ocultada pelos contêineres. O operador saiu para buscar um carrinho, para remover os contêineres avariados, e entrou novamente no irradiador;
- Após cerca de um minuto de trabalho, ele começou a sentir os olhos arderem e uma sensação de martelada em sua cabeça, ficou assustado e saiu do irradiador;
- Às 17h45, telefonou para o seu superior, o técnico sênior, relatando o ocorrido. Um pouco depois, ele se sentiu mal e começou a vomitar;
- O técnico sênior ligou para o serviço de emergência de Soreq, que imediatamente enviou um supervisor de radioproteção para a planta, que, após entrevistar o operador e realizar algumas verificações e medidas, constatou que a fonte não estava na sua posição de repouso;
- A porta de acesso do irradiador foi trancada;
- A estimativa de dose recebida ficou entre 10 e 20 Gy;
- O operador foi encaminhado a hospitais especializados e faleceu 36 dias depois, apesar de todo o tratamento médico despendido, que incluiu um transplante de medula.

Lições aprendidas:

Administradores da Planta de Irradiação:

- Instalação do *shroud*, o que foi feito posteriormente ao acidente. A sua simples instalação, quando foi recomendada pelo fabricante, teria evitado esse acidente;
- Tradução do manual de operações e de treinamento e dos pôsteres com avisos para o hebraico;
- Instruir os operadores para seguir somente os procedimentos padrão, sem burlá-los;

- Registrar as manutenções preventivas realizadas;

Fabricante:

- Desenvolver um sistema direto de detecção da grade de fontes na posição de repouso, para substituir o indireto; ou seja, acionado pela chegada da grade nessa posição;
- Redesenhar o circuito eletrônico da placa do monitor de radiação interna, para não permitir a abertura da porta de acesso por meio do truque descoberto pelos operadores;

Órgãos Reguladores:

- Implementar programas periódicos e minuciosos de inspeção, para instalações que utilizem fontes de radiação com atividade elevada;

Complementares:

- Implementar treinamento periódico dos operadores;
- Os operadores devem portar obrigatoriamente monitores de bolso com alarme;
- Implementar auditorias internas, pelo menos, uma vez ao ano, que cubram todos os aspectos de segurança radiológica, para detectar desvios de operação;
- IAEA: Promover programas de treinamento de proteção radiológica em várias regiões do mundo, específicos para irradiadores.

Questão 4 (Valor: 2,0 pontos): Os requisitos normativos para o licenciamento das instalações de grande porte que utilizam fontes seladas em processos industriais induzidos por radiação estão previstos na Norma CNEN-NN-6.02. Com base na referida Norma, quais são os documentos e informações exigidas nos Atos Administrativos de Autorização para Construção e Autorização para Comissionamento?

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 4):

Ato Administrativo de Autorização para Construção: Deve ser encaminhado Relatório Preliminar de Análise de Segurança (RPAS) contendo as seguintes informações:

- I. Qualificações técnicas do responsável pelo projeto descritivo dos itens importantes à segurança e pela construção;
- II. Descrição e análise da instalação, com atenção especial às características de projeto e de operação;
- III. Análise preliminar e avaliação do projeto e desempenho de estruturas, sistemas e componentes da instalação, identificando os itens importantes à segurança, com o objetivo de avaliar os aspectos de segurança e de proteção radiológica;
- IV. Programa de garantia da qualidade do requerente e dos contratados principais, a ser aplicado às atividades de gerenciamento, projeto, fabricação, aquisição, construção civil e montagem eletromecânica de itens importantes à segurança da instalação;
- V. Planos preliminares para procedimentos em situações de emergência, que devem ser suficientes para assegurar a compatibilidade do futuro plano de emergência com as características do projeto da instalação;

- VI. Plano preliminar de gerência de rejeitos radioativos, incluindo a descrição dos sistemas de controle de liberação de efluentes;
- VII. Relação das normas técnicas e códigos a serem adotados;
- VIII. Plano preliminar de proteção física, conforme requisitos e disposições da Norma CNEN-NN-2.06;
- IX. Plano preliminar de proteção radiológica.

Ato Administrativo de Autorização para Comissionamento: Deve ser encaminhado Relatório contendo as seguintes informações:

- I. Controles físicos e administrativos usados para restringir o acesso às áreas controladas durante os testes;
- II. Comprovação de que todas as pessoas envolvidas no comissionamento receberam treinamento específico, antes de o mesmo ter início;
- III. Descrição de medidas tomadas para garantir a segurança dos trabalhadores durante os testes;
- IV. Descrição detalhada dos testes a serem executados para garantir que todos os sistemas de segurança operem eficientemente, incluindo sistemas de intertravamento, sinais luminosos ou sonoros de feixe ligado/desligado e botões de emergência;
- V. Nome e descrição da experiência profissional do responsável pelo planejamento e supervisão do comissionamento;
- VI. Tempo de operação requerido durante o comissionamento;
- VII. Lista de testes que serão efetuados no equipamento para verificação de seu desempenho;
- VIII. Metodologia para verificação da adequação das blindagens, incluindo a realização de um levantamento radiométrico detalhado;
- IX. Descrição de equipamentos que serão utilizados no levantamento radiométrico;
- X. Laudo técnico emitido por profissional registrado no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, CREA, atestando que a instalação foi construída em conformidade com o projeto apresentado à CNEN, incluindo a densidade e a espessura de cada barreira empregada como blindagem.

1) **Questão 5 (Valor: 2,0 pontos):** Considere o seguinte evento:

Em uma instalação hipotética de categoria II (segundo a publicação SSG-8), com cerca de 7.000 Ci de Cobalto-60, ocorreu um evento de queda da alimentação externa de energia, com as fontes “caindo” para a posição de blindagem de forma abrupta.

Após o retorno da energia, um dos operadores atuou para iniciar o irradiador, colocando a fonte na posição de irradiação.

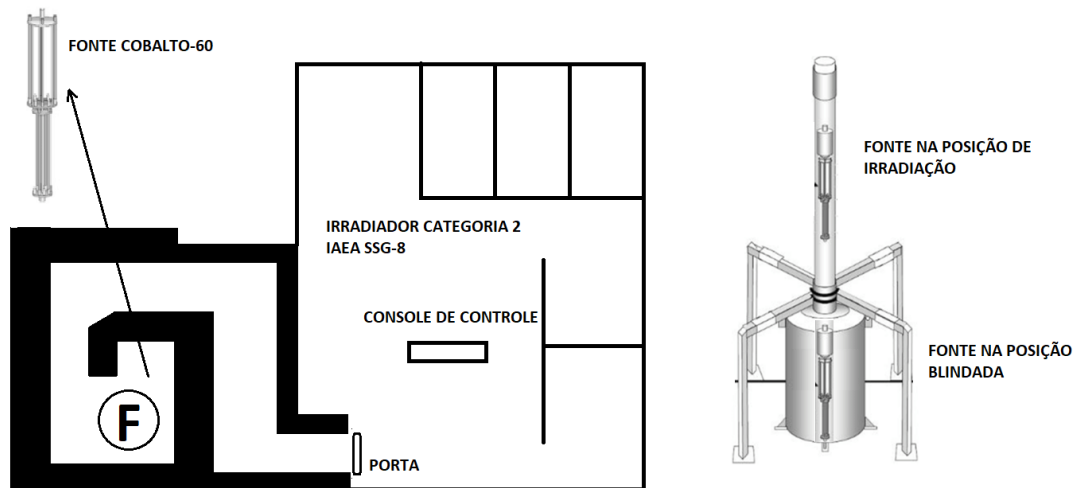
Poucos minutos depois, dois outros trabalhadores, desconhecendo que a fonte não estava na posição blindada, adentraram a câmara para a colocação manual de amostras para irradiação. Tal operação teve a duração de cerca de 2 a 3 minutos e, ao sentirem os olhos arderem, os dois trabalhadores deixaram a sala de irradiação,

sendo informados, na porta de acesso, que a fonte radioativa estava na posição de irradiação.

As doses para cada trabalhador foram estimadas em 3 Gy e 10Gy, para o corpo inteiro e para o cristalino dos olhos, respectivamente.

Avalie as falhas ocorridas e disserte sobre os sistemas de segurança que deveriam atuar durante o evento acima descrito. **(2,0 pontos)**

O layout da instalação pode ser visto na figura abaixo.



RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 5):

A existência de um banco de baterias na instalação tem como objetivo fornecer a alimentação elétrica necessária em componentes críticos do equipamento, com o objetivo de realizar um desligamento (shutdown) controlado do irradiador. Segundo o enunciado, ou houve uma falha de atuação no sistema de baterias ou não havia um banco de baterias na instalação, o que levou à interrupção da alimentação de energia e queda abrupta das fontes para a posição de blindagem.

Levando em conta os sistemas de segurança mínimos de um irradiador, é esperado que os dispositivos na porta de acesso (travas elétricas, intertravamentos mecânicos, magnéticos, sensores de presença, tapetes de pressão, células fotoelétricas,...), assim como detectores medindo o nível de radiação no interior da câmara, impossibilitem a entrada de pessoas quando a fonte estiver na posição de irradiação, ou, caso exista a intrusão, a fonte retorne, automaticamente, à sua blindagem. Segundo o enunciado da questão, a entrada dos dois trabalhadores na câmara de irradiação, com a fonte exposta, indica a inexistência dos sistemas de segurança supracitados ou a falha de todos eles concomitantemente.

Cabe salientar, também, que não há informações sobre o nível de treinamento ou atribuição dos trabalhadores que realizaram o carregamento das amostras para irradiação. Seria de esperar a existência de indicadores luminosos sobre o estado do irradiador, assim como a utilização de medidores de radiação portáteis durante o acesso.

Também cabe destacar que a abertura da trava da porta de acesso deveria ser realizada com o uso da chave multipropósito, que é a mesma que faz a inicialização do processo. Desta forma, a chave deveria sair do console de operação para a abertura da porta, e é esperado que a chave multipropósito apenas consiga ser retirada do console quando as fontes estão na posição blindada. Desta forma, ou os sistemas de segurança não previam a utilização de chave na porta de acesso, ou a chave multipropósito estaria desgastada, permitindo sua saída do console sem o desligamento do irradiador, ou havia uma duplicação de chaves.

Por fim, o caso relatado indica que houve, em algum momento, o abandono, pelo operador, de sua área de trabalho, possibilitando o acesso inadvertido dos trabalhadores à câmara de irradiação.