

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO
TRABALHO**

PAULA GONÇALVES SANTOS

**PROPOSTA DE PLANO DE RADIOPROTEÇÃO PARA EMPRESA
PETROQUÍMICA**

São Leopoldo

2015

Paula Gonçalves Santos

PROPOSTA DE PLANO DE RADIOPROTEÇÃO PARA EMPRESA PETROQUÍMICA

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, pelo Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Esp. Paulo Roberto Matielo Lemos

São Leopoldo

2015

PROPOSTA DE PLANO DE RADIOPROTEÇÃO PARA EMPRESA PETROQUÍMICA

Paula Gonçalves Santos – Engenheira Química

paula.goncalves@innova.com.br

Paulo Roberto Matielo Lemos – Engenheiro Mecânico e Engenheiro de
Segurança do Trabalho – Supervisor de Radioproteção pela CNEN

paulo.lemos@innova.com.br

Resumo: Os acidentes por radiação vêm causando grandes danos a sociedade e meio ambiente, levando em consideração que os malefícios são a curto e longo prazo. Em todos os relatos de acidentes a falta de informações precisas e de conhecimento das empresas, governo e sociedade agravaram a situação, causando graves consequências. O estabelecimento de normas regulatórias, os limites permissíveis e um plano de proteção radiológica para as instalações que executam práticas com radiação ionizante, tem por objetivo garantir o seu uso correto e seguro. Este artigo apresenta uma proposta de um plano de radioproteção, contemplando as responsabilidades do serviço de proteção radiológica, os monitoramentos ocupacionais e ambientais, as orientações aos técnicos e público em geral, bem como a definição de medidas de proteção e critérios de intervenção em situações de emergência.

Palavras-chave: proteção radiológica, plano de radioproteção, radiações ionizantes

1 INTRODUÇÃO

Em 26 de abril de 1986, ocorreu o mais grave acidente nuclear da história, em Chernobyl, na atual Ucrânia, a explosão de um dos quatro reatores da usina nuclear soviética de Chernobyl. A força da explosão liberou uma nuvem radioativa que atingiu a parte oeste da antiga União Soviética, hoje os países de Belarus, Ucrânia e Rússia, e todo o norte e centro da Europa (OLIVEIRA et al., 2013). Okuno (1998) salienta que na Europa, a contaminação radioativa devido ao acidente de Chernobyl foi detectada primeiramente no dia 28 de abril de 1986 pelo laboratório de Pesquisas Energéticas de Studsvik, a 75 km ao sul de Estocolmo, durante medidas rotineiras. Um satélite americano varreu a região da Ucrânia, encontrando uma usina com o teto destruído e o reator ainda em chamas, com fumaça vertendo do interior. Mas, Mikhail Gorbachov, então presidente, demorou 18 dias para comentar o acidente, só o fazendo em 14 de maio. O total oficial de mortos diretamente relacionado ao acidente no reator foi de 31 pessoas, devido à participação direta no combate aos incêndios da unidade. Outros 237 trabalhadores foram hospitalizados com sintomas da exposição aos altos níveis da radiação ao redor do reator. Muitas destas vítimas apresentaram queimaduras e outros tipos de lesões.

Em 11 de março de 2011, um terremoto de 8,9 pontos na escala Richter seguido de um tsunami atingiu a província de Fukushima, no Japão (YONAHA & MOON, 2011). O terremoto abalou a estrutura da Central Nuclear de Fukushima I, causando um grave acidente nuclear, com danos aos três dos seis reatores nucleares. A usina começou a liberar quantidades significativas de material radioativo em 12 de março, tornando-se o maior desastre nuclear desde o acidente nuclear de Chernobyl (SANTOS & SOUZA, 2013). A enorme quantidade de água radioativa ainda é um dos problemas mais urgentes que afetavam o processo de limpeza do local, que deve durar décadas (SILVA & MELO, 2012).

No Brasil, um acidente grave ocorreu em Goiânia em 13 de setembro de 1987, uma cápsula de césio-137, abandonada há 2 anos nos escombros do antigo Instituto Goiano de Radiologia, desativado depois de sofrer uma ação de despejo – foi removida por dois sucateiros, violada e vendida como ferro-velho. Entre a retirada da cápsula da clínica em ruínas e a descoberta do fato pelas autoridades, dezenas de moradores de Goiânia conviveram com um material radioativo cuja periculosidade

era desconhecida. Atraídos pela intensa luminescência azul do sal do céσιο-137, adultos e crianças o manipularam e distribuíram entre parentes e amigos.

Os primeiros sintomas da contaminação (náuseas, vômitos, tonturas e diarreia) apareceram algumas horas após o contato com o material. O saldo dessa experiência foi a morte de 4 pessoas, a amputação do braço de outra e a contaminação, em maior ou menor grau, de mais de 200 pessoas. Somente em 29 de setembro, aqueles sinais foram identificados como característicos da síndrome da radiação.

As lições que puderam ser aprendidas com os acidentes foram numerosas e em várias áreas, incluindo a segurança de processo, ações em caso de acidentes severos, critérios de intervenção, procedimentos de emergência, comunicação, tratamento médico das pessoas irradiadas, métodos de monitoramento, supervisão da região e informações públicas, entre outras.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, criada em agosto de 1962, tem como atribuições, de acordo com as Leis nº 6.189, de 16 de dezembro de 1974, e 7.781, de 27 de junho de 1989: colaborar na formulação da Política Nacional de Energia Nuclear; executar as ações de pesquisa, desenvolvimento e promoção da utilização da energia nuclear para fins pacíficos e regulamentar, licenciar, autorizar, controlar e fiscalizar essa utilização, desta forma criando a necessidade de um serviço de segurança e proteção radiológica por instalação licenciada.

O Plano de Radioproteção (ou Plano de Proteção Radiológica) é um documento exigido para fins de licenciamento da instalação radiativa, que estabelece o sistema de radioproteção a ser implantado. Ele contém toda a informação relevante para o trabalho com materiais radioativos com segurança. São descritos desde os responsáveis até as formas de atuação em situações de emergência.

Segundo Andrade et al. (2005), a indústria petroquímica pode ser definida como a parcela da indústria química cujos produtos são originados do petróleo. Esta definição simplificada oculta, no entanto, uma enorme complexidade, derivada da grande diversidade e quantidade de substâncias envolvidas, tornando o estudo desta indústria mais difícil que o de outras. O controle de qualidade de espessura e soldas de tubulações, chapas metálicas e peças fundidas é realizado com frequência nesta indústria, com o uso de radiografia obtidas com raios X de alta energia ou radiação gama de média e alta energia, sendo de extrema importância a

elaboração de um plano de radioproteção que cumpra os requisitos das normas regulatórias, garantindo assim o seu uso correto e seguro das radiações ionizantes.

1.1 Justificativa

Estudos epidemiológicos e radiobiológicos em baixas doses mostraram que não existe um limiar real de dose para os efeitos em longo prazo. Assim, qualquer exposição de um tecido a radiação, envolve um risco carcinogênico, dependendo da radiosensibilidade desse tecido por unidade de dose equivalente. Além disso, qualquer exposição das gônadas pode levar a um detrimento genético nos descendentes do indivíduo exposto.

Além da exposição individual, um dos cenários possíveis de ocorrência em proteção radiológica é o funcionamento da instalação ou do procedimento técnico apresentar um desvio de operação e possibilitar o surgimento de sequências de eventos indesejáveis e perigosos para todos os indivíduos ocupacionalmente expostos. Neste caso, a presteza no atendimento a estas situações de emergência, deve ser eficiente e rápida, para evitar danos crescentes, à medida que o tempo passa.

O princípio básico da proteção radiológica ocupacional estabelece que todas as exposições devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequíveis.

Os objetivos da proteção contra as radiações são a prevenção ou a diminuição dos seus efeitos somáticos e a redução da deterioração genética dos povos, onde o problema das exposições crônicas adquire importância fundamental. Considera-se que a dose acumulada num período de vários anos seja o fator preponderante, mesmo que as doses intermitentes recebidas durante esse período sejam pequenas. Assim, qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição deve ser justificada em relação a outras alternativas e produzir um benefício positivo para a sociedade.

1.2 Objetivo

Desta forma, este artigo tem como finalidade apresentar uma proposta de um plano de radioproteção, contemplando as responsabilidades do serviço de proteção radiológica, os monitoramentos ocupacionais e ambientais, as orientações aos técnicos e público em geral, bem como a definição de medidas de proteção e critérios de intervenção em situações de emergência.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Qualquer discussão a respeito dos efeitos da radiação ionizante prescinde de uma clara compreensão sobre o que é a radiação ionizante e como esta é medida (dosimetria). Podemos definir a radiação ionizante como ondas eletromagnéticas de alta energia (raios X ou raios gama) que, ao interagirem com a matéria, desencadeiam uma série de ionizações, transferindo energia aos átomos e moléculas presentes no campo irradiado e promovendo, assim, alterações físico-químicas intracelulares (BIRAL, 2002).

Para se entender os efeitos relacionados à exposição à radiação ionizante deve-se definir as grandezas físicas utilizadas para quantificá-la. Com o objetivo de se medir a energia depositada por um feixe de fótons de alta energia (raios X ou raios gama) em um tecido biológico e os seus efeitos sobre este tecido, foi criada a grandeza “dose absorvida”. A dose absorvida de radiação é a energia depositada por quilograma de tecido e é expressa em “rad” (“radiation absorbed dose”, ou dose de radiação absorvida). Pelo sistema internacional de medidas utiliza-se a unidade “gray” (Gy), que equivale a 100 rad. Ela é adotada para qualquer tipo de radiação ionizante e não especificamente para o uso de raios-X.

Os efeitos biológicos não dependem apenas da dose de radiação absorvida (Gy), mas também das características da radiação ionizante e da sua capacidade de produzir íons e dissipar energia em sua trajetória no meio ou tecido. Por esta razão foi proposta, para o uso clínico de exames radiológicos, a grandeza “dose equivalente”, usando-se a unidade “rem” (“roentgen equivalent man”, ou equivalente em roentgen no homem), que leva em consideração a qualidade da radiação e como a energia se transfere ao tecido. Para as radiações eletromagnéticas X ou gama, 1 rem equivale a 1 rad. No sistema internacional de medidas, a unidade de dose equivalente foi denominada “sievert” (Sv) e 1 Sv equivale a 100 rem, assim como 1 Gy equivale a 100 rad. Podemos dizer que a dose absorvida de 1 Gy proporcionará uma dose equivalente de 1 Sv. Resumindo, a dose absorvida pode ser medida, atualmente, em Gy e corresponde à dose equivalente, que é medida em Sv (para radiações X e se fonte externa).

2.1 Efeitos das radiações ionizantes

Os efeitos biológicos decorrentes das radiações ionizantes podem ser divididos em determinísticos e estocásticos. Os efeitos determinísticos são aqueles consequentes à exposição a altas doses de radiação e dependem diretamente desta exposição, como a morte celular. Os efeitos estocásticos ou aleatórios são aqueles não aparentes e que se manifestam após meses ou anos da exposição à radiação, não permitindo estabelecer claramente uma relação de “causa e efeito”. Estão relacionados a baixas doses de radiação, como aquelas decorrentes de exposições frequentes às quais os profissionais que trabalham com radiação estão sujeitos (BIRAL, 2002).

2.2 Proteção radiológica

A proteção radiológica ou radioproteção pode ser definida como um conjunto de medidas que visam proteger o homem e o ecossistema de possíveis efeitos indesejáveis causados pelas radiações ionizantes. Para isso ela analisa os diversos tipos de fontes de radiação, as diferentes radiações e modos de interação com a matéria viva ou inerte, as possíveis consequências e sequelas a saúde e riscos associados. Para avaliar quantitativa e qualitativamente tais possíveis efeitos, necessita de definir as grandezas radiológicas, suas unidades, os instrumentos de medição e detalhar os diversos procedimentos do uso das radiações ionizantes (MOTA, 1994).

2.3 Normas relativas à radioproteção

O estabelecimento de normas regulatórias, tem por objetivo garantir o seu uso correto e seguro das radiações ionizantes. A CNEN, estabeleceu diversas normas para atendimento dos requisitos básicos para radioproteção, entre elas: NN 3.01: Diretrizes Básicas de Radioproteção, NE 3.02: Serviços de Radioproteção, NN 6.02: Licenciamento de Instalações Radiativas, entre outras.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição do Estudo de Caso

O estudo de caso envolve uma proposta de plano de radioproteção para uma empresa petroquímica, que possui um analisador de ligas Niton XL2 980 GOLD.

Este equipamento é um espectrômetro por fluorescência de raio-X, que utiliza um tubo de raio-X, para ionizar a superfície da amostra, a fim de qualificar e quantificar os elementos químicos presentes. Ao ativar-se o tubo de raios X, libera-se um feixe de fótons, que vai incidir na superfície da amostra. O detector é de PIN-Sílicio medirá as energias, transformando-as em pulsos elétricos.

3.2 Descrição da Empresa

A empresa onde foi elaborada a proposta do plano de radioproteção localiza-se no Polo Petroquímico de Triunfo, entre os municípios de Canoas, Montenegro e Triunfo. O Polo está localizado a 52 km da capital do estado, Porto Alegre, e abrange uma área de 3.600 hectares, sendo 1.800 hectares ocupados pelo complexo básico e o restante por indústrias de 3ª geração, áreas de proteção ambiental e áreas de tratamento de efluentes e resíduos (Conselho Comunitário Consultivo, 2015).

O empreendimento está localizado distante dos centros urbanos, rodeado por um cinturão verde (Figura 1 e Figura 2) que simboliza a preocupação e respeito com o meio ambiente, e posicionado adequadamente em relação à orientação dos ventos, reduzindo o impacto sobre as comunidades próximas.

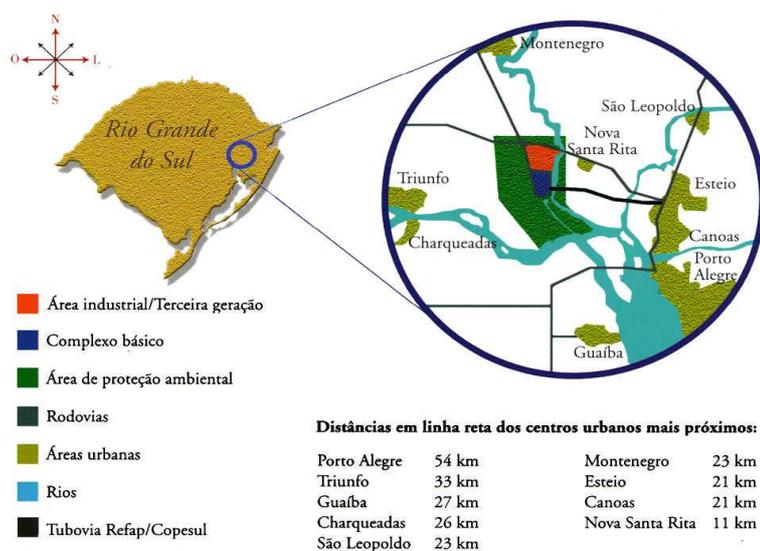


Figura 1: Distribuição das áreas do Polo Petroquímico de Triunfo e sua localização em relação às cidades próximas. (Fonte: Indústria de estudo)



Figura 2: Vista aérea do Polo Petroquímico de Triunfo, destacando-se o cinturão verde que rodeia a área. O cinturão verde é o símbolo da preocupação e respeito do polo com o meio ambiente, bem como uma barreira para proteção da comunidade em relação aos impactos. (Fonte: Indústria de estudo)

Atualmente, a empresa é uma das principais petroquímicas de segunda geração do País que produz e comercializa estireno e poliestireno atendendo ao mercado nacional e internacional. É a única empresa do setor petroquímico brasileiro a possuir unidades totalmente integradas de Etilbenzeno, Estireno e Poliestireno na mesma unidade.

3.3 Método

Para elaboração do procedimento, foram realizadas visitas *in loco*, para conhecimento do equipamento comprado pela empresa (Figura 3) e leitura do procedimento de operação do analisador de ligas XL2 980 GOLD, emitido pelo representante HCG Equipamentos Ltda. Vale ressaltar que o equipamento ainda não foi utilizado, pois a proposta do plano de radioproteção aguarda aprovação da CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear.



Figura 3: Foto do analisador de ligas Niton XL2 980 GOLD (Fonte: Elaborada pelo autor)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O plano de radioproteção elaborado inicia com o objetivo de controlar a fonte emissora de radiação da empresa e estabelecer medidas básicas de proteções para os trabalhadores e indivíduos do público em geral. Para o cumprimento deste objetivo, fez-se necessário a definição de autoridades e responsabilidades das pessoas envolvidas, do programa de monitoramento ambiental, do programa de monitoramento individual, do programa de treinamento, dos limites de dose equivalente, além dos níveis de registro, investigação e interdição e plano de emergência.

4.1 Autoridades e Responsabilidades

As obrigações básicas do responsável legal da indústria em questão são: providenciar o licenciamento da instalação de acordo com normas aplicáveis de segurança e proteção elaboradas pela CNEN, manter um supervisor de radioproteção, estabelecer e submeter à CNEN um Plano de Radioproteção, manter um Serviço de Radioproteção, estabelecer limites operacionais, submeter à CNEN um novo plano antes da introdução de quaisquer modificações em projetos ou procedimentos que possam alterar as condições de exposição, tanto de trabalhadores como dos indivíduos do público, fornecer ao trabalhador as instruções relativas ao risco da exposição e os regulamentos de radioproteção adotados, cientificar cada trabalhador e o serviço médico sobre as doses resultantes de exposições de rotina, exposições acidentais e exposições de emergência, manter

um serviço médico adequado à instalação, e prover tratamento médico aos trabalhadores envolvidos em acidentes, quando necessário, manter a disposição da CNEN todos os dados radiológicos, instruções e procedimentos administrativos, técnicos e médicos relativos à radioproteção, comunicar a CNEN, com a brevidade possível, as doses resultantes de exposições acidentais e exposições de emergência, juntamente com um relatório detalhado sobre as mesmas, minimizar as ocorrências de exposições acidentais através da redução da probabilidade de ocorrência de acidentes, estabelecer contatos e ajustes com a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros para situações de emergência, comunicar a CNEN, em caráter de urgência, qualquer acidente que possa expor o público a níveis de radiação que acarretem doses superiores aos limites primários estabelecidos para Indivíduos do público, submeter à CNEN um relatório detalhado das situações anormais, tanto de acidentes como de emergência, no qual constará uma análise quanto às causas e consequências, colocar à disposição do inspetor da CNEN as informações relevantes à radioproteção aplicadas à instalação, garantir aos inspetores da CNEN livre acesso às áreas da instalação.

Cabe ao supervisor de radioproteção designado as seguintes atribuições: implementar e ser o orientador do Serviço de Radioproteção, ser o responsável pela segurança radiológica das operações com os equipamentos emissores de radiação ionizante, cumprir e fazer cumprir as exigências das normas da CNEN aplicáveis às instalações, examinar os locais, acompanhar a execução e controlar as rotinas de trabalho, sob o ponto de vista da radioproteção, elaborar e manter atualizadas as instruções operacionais e de emergência, selecionar as equipes de trabalho, sob o ponto de vista da radioproteção, avaliar as exposições dos locais sujeitos a radiação, em condições normais e em casos de acidentes ou situações de emergência, avaliar a dose equivalente Individual recebida pelos trabalhadores e indivíduos do público tomando as providências cabíveis, organizar e manter atualizados os registros obrigatórios, assumir o controle e aplicar as ações corretivas nas situações de emergência ou em casos de acidentes, investigar e relatar a CNEN as causas e consequências das situações de emergência ou acidentes ocorridos, estabelecer os procedimentos necessários e implementar o treinamento dos trabalhadores para condições normais de trabalho e em acidentes ou situações de emergência, abrangendo as fases inicial, operacional e de reciclagem, sendo que esta última será a cada dois anos, a manutenção preventiva dos dispositivos de segurança e de

monitoração, a calibração dos instrumentos de medição, a execução das monitorações de área em trabalhos com gamagrafia, a interdição do equipamento em casos de acidente, a inspeção e fiscalização na área livre da instalação quanto ao uso correto dos dosímetros pessoais, a sinalização da área controlada da instalação quando na execução de gamagrafia, determinar os locais de guarda dos monitores, remeter a CNEN, para aprovação, os programas dos cursos de radioproteção a serem ministrados aos trabalhadores envolvidos com as fontes e equipamentos emissores de radiação ionizante, ministrar os cursos de radioproteção aprovados pela CNEN citados na alínea anterior.

4.2 Programa de Monitoramento Ambiental

Anualmente será realizado levantamento radiométrico da fonte e os relatórios estarão disponíveis no SESMT da empresa.

4.3 Programa de Monitoramento Individual

A equipe do Serviço de Radioproteção é monitorada através de dosímetros termo luminescentes TLD, cuja leitura mensal é feita por empresa especializada, e os registros, com os resultados, estarão à disposição no serviço de radioproteção. Os técnicos de Inspeção de Equipamentos, que operam os equipamentos emissores de radiações ionizantes, serão monitorados mensalmente, bem como, os técnicos da área de segurança do trabalho, que se envolvem no controle de acesso de veículos que transportam fontes radioativas e na liberação de área em que serão executados os serviços de radiografia industrial. Os resultados dos monitoramentos são planilhados e apresentados em quadros distribuídos no serviço de radioproteção e segurança do trabalho. Os relatórios referentes a todos os dosímetros são mantidos arquivados por um período de no mínimo 30 anos. No caso de dose de investigação, o funcionário é submetido a um questionário. Este monitoramento está integrado ao PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais da empresa.

Alguns cuidados com os dosímetros deverão ser seguidos pelo usuário durante todo o seu período de trabalho, em hipótese alguma poderá o funcionário levar o seu dosímetro pessoal para outros locais de trabalho ou para fora da empresa, o usuário deverá usar o dosímetro de maneira visível, à altura do tórax, com a numeração voltada para frente, ter cuidado para que nenhum objeto fique na

frente do dosímetro, para evitar blindagem adicional e evitar maus tratos mecânicos e térmicos.

4.4 Programa de Treinamento

O programa de treinamento foi elaborado a fim de contribuir para a realização de operações que envolvem radiação ionizante de modo seguro, e também de manter as exposições de trabalhadores e pessoas do público tão baixas quanto razoavelmente exequíveis. Ele divide-se nos seguintes módulos:

Módulo 1: para todos os funcionários da área industrial (técnicos e engenheiros) – carga horária: 4 horas;

Módulo 2: para iniciantes no trabalho com a utilização de equipamentos emissores de radiação ionizante e/ou fontes radioativas e integrantes que utilizam monitoração individual da área de Inspeção de Equipamentos – carga horária: 40 horas;

O conteúdo programático dos módulos de treinamento 1 e 2, ministrados pelo Supervisor de Radioproteção é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Conteúdo programático dos módulos 1 e 2 de treinamento.

ASSUNTO	Módulo 1	Módulo 2
1. Fundamentos da Física Nuclear	(60 min)	(240 min)
2. Grandezas e Unidades Utilizadas em Radioproteção	(30 min)	(150 min)
3. Interação da Radiação Ionizante com a Matéria	(30 min)	(180 min)
4. Princípios de Detecção da Radiação Ionizante	(30 min)	(180 min)
5. Efeitos Biológicos da Radiação Ionizante	(30 min)	(150 min)
6. Barreiras contra Radiação Ionizante	(30 min)	(240 min)
7. Equipamentos Emissores de Radiação Ionizante, Fontes Radioativas e Monitoração		(240 min)
8. Procedimentos Operacionais		(300 min)
9. Normas de Segurança Radiológica	(15 min)	(360 min)
10. Procedimentos de Emergência com Fontes de Radiação	(15 min)	(360 min)
Total HH	240 min = 4 hs	2400 min = 40 hs

As evidências destes treinamentos devem ser arquivadas na pasta do funcionário na área de treinamentos da empresa.

4.5 Limites Anuais de Dose Equivalente, Nível de Registro, Nível de investigação e Nível de Intervenção

O analisador de ligas Niton XL2 980 GOLD foi projetado e construído com amplo enfoque em segurança, quando em uso, seguindo as instruções do fabricante, ele é bastante seguro. A taxa de exposição durante a leitura, é inferior aos limites internacionais e nacionais estabelecidos na BSS 155, ICRP 60 e CNEN-NN-3.01/2011. Utilizando-se adequadamente o XL2 980 GOLD, em um ano (2.000 horas de trabalho), o usuário estará sujeito a uma dose máxima de 0,2 mSv (20 mREM). Estão listados na Tabela 2 os limites primários anuais de dose equivalente.

Tabela 2: Limites primários anuais de dose equivalente.

	Corpo Inteiro	Pele (c)	Cristalino
Indivíduo do Público	1 mSv / 0,1 REM (b)	50 mSv / 5 REM	15 mSv / 1,5 REM
Trabalhador	20 mSv / 2 REM (a)	500 mSv / 50 REM	20 mSv / 2 REM

(a) Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano, conforme Resolução CNEN 144/2011. (b) Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano. (c) valor médio em 1 cm² de área, na região mais irradiada.

Será adotado pela empresa, como nível de registro para monitoração individual dos trabalhadores, 1/10 (um décimo) da fração do limite anual aplicado correspondente ao período de tempo ao qual a monitoração se refere. Será adotado como nível de investigação para monitoração individual dos trabalhadores 3/10 (três décimos) da fração do limite anual aplicado correspondente ao período de tempo ao qual a monitoração se refere. O nível de intervenção para monitoração individual dos trabalhadores será a fração do limite anual (20mSv) aplicado correspondente ao período de tempo ao qual a monitoração se refere.

Toda medida de proteção iniciará com o desligamento imediato e completo do equipamento emissor de radiação ionizante, até que seja verificada e reparada a anormalidade pela manutenção responsável pelo equipamento, e comunicado

imediatamente o Supervisor de Radioproteção. Caso seja necessário, as áreas atingidas serão evacuadas e interditadas até que se restabeleça a normalidade. Mensalmente, os relatórios da dosimetria pessoal serão apresentados a cada trabalhador pelo responsável. Serão avaliadas as doses dos trabalhadores imediatamente após a ocorrência de exposições acidentais e de emergência. Qualquer trabalhador que, numa única exposição, venha a receber uma dose superior a 2 (duas) vezes os limites primários de dose equivalente para trabalhadores, será submetido a controle médico adequado, estabelecido no PCMSO – Programa de Controle Médico e de Saúde Ocupacional da empresa.

4.6 Plano de Emergência

De acordo com as Diretrizes Básicas de Radioproteção, acidente é o desvio inesperado e significativo das condições normais de operação de uma instalação, que possa resultar em danos à propriedade e ao meio ambiente ou em exposições de trabalhadores e de indivíduos do público acima dos limites primários de dose equivalente estabelecido pela CNEN.

Dessa forma, todo trabalhador em uma instalação tem a responsabilidade de reduzir tanto quanto possível os riscos tanto para seus comandados como para outras pessoas na área. Ele deve assegurar-se de que dispõe dos recursos necessários e que se um acidente ocorrer ele terá condições de tomar todas as medidas necessárias a uma adequada proteção do pessoal. Quando as consequências de um acidente estiverem limitadas ao local da ocorrência, os procedimentos para seu controle serão de responsabilidade do trabalhador. Ele deverá dispor por recursos próprios ou por assistência imediata, recursos de pessoal e de equipamentos necessários e suficientes para controlar a situação e torná-la novamente à condição aceitável no que se refere ao nível de exposição de trabalhadores e de indivíduos do público. Os planos para controle de acidentes deverão ser suficientemente amplos para abranger inclusive situações imprevistas.

As fontes radioativas, mesmo na forma de fontes seladas incorporadas ou não em medidores nucleares, em determinados casos de acidentes podem gerar situações de risco para os trabalhadores, indivíduos do público e para o meio ambiente. De forma geral, esses acidentes ocorrerão por:

- a) Exposição total ou parcial do corpo a níveis excessivos de dose quando a pessoa, inadvertidamente, permanece perto de uma fonte exposta ou na trajetória de um feixe de radiação. Este acidente pode ocorrer por falta de sinalização, falhas nos dispositivos de segurança, operação imprópria do equipamento, negligência, etc. Uma vez verificada a ocorrência do acidente, a primeira providência será a de identificar as pessoas afetadas para a imediata avaliação das doses recebidas e encaminhá-las ao serviço médico a fim de proceder às análises e tratamento cabíveis. Simultaneamente deverá ser sanado o problema que causou o acidente ou, na impossibilidade de ações corretivas com recursos próprios do estabelecimento, interditar a área até que pessoal especializado da CNEN ou outras entidades credenciadas por ela restabeleçam as condições de segurança. A interdição abrangerá todos os locais onde a taxa de exposição seja superior a 1,0 mR/h.
- b) Contaminação de pessoas e locais de trabalho por ruptura da fonte selada e consequente dispersão de partículas radioativas no ar e nas superfícies.
- c) Pode ocorrer por incêndio na instalação, sendo assim, deve-se isolar a área, tomar as providências iniciais para controlar as chamas (extintor de incêndio).
- e) Extravio de fonte por roubo. Caso isso ocorra, primeiramente são avisados os técnicos da CNEN e a polícia local.
- f) Perda de blindagem por ruptura devido a choque mecânico;
- g) Falha do dispositivo de segurança que comanda a produção de raios-X somente com a presença de produto. Ocorrência que poderia ocorrer por falta de manutenção.

5 CONCLUSÃO

Este artigo apresenta uma proposta de plano de radioproteção, contemplando as responsabilidades do serviço de proteção radiológica, os monitoramentos ocupacionais e ambientais, as orientações aos técnicos e público em geral, bem como a definição de medidas de proteção e critérios de intervenção em situações de emergência. A falta de um plano de radioproteção completo retarda e agrava situações de emergências, sendo de extrema importância a adoção de um procedimento.

REFERÊNCIAS

1. ANDRADE, José Eduardo Pessoa de et. AL. A Indústria Petroquímica. BNDES ,p. 63, 2005.
2. BIRAL, AR. Radiações ionizantes para médicos, físicos e leigos. 1_ ed. Florianópolis: Insular, 2002; 232.
3. Conselho Comunitário Consultivo do Polo Petroquímico do Sul. Disponível em: <http://www.falecomopolo.com.br/polo>. Acesso em 01 de novembro de 2015.
4. MOTA, H.C. Proteção radiológica e Controle de Qualidade em Radiologia. Rio de Janeiro (RJ): IRD/CNEN; 1994
5. OKUNO, E. **Radiação: Efeitos, Riscos e Benefícios**. 1. ed. SAO PAULO: HARBRA, 1988. v. 1. 81p.
6. OLIVEIRA, Ana Paula dos Santos et. al. **Acidente Radiativo de Goiânia e Acidente Nuclear de Chernobyl** - Faculdades Integradas de Três Lagoas – Mato Grosso do Sul – MS, p. 2 -3, 2013
7. SANTOS, P.N.C., SOUZA, V.L.B. Fukushima: após um ano do acidente, quais as influências nos meios: físico, biológico e antropogênico. Cadernos de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde - Facipe - Recife - v. 1 - n.1 - p. 67-73 - agosto 2013. ISSN eletrônico 2318-128.
8. SILVA, G.; MELO, T. Para que serve a escala de comunicação de risco nuclear? Revista de Ciências Sociais, n. 37, outubro de 2012 - pp. 201-217. ISSN 0104-8015 | ISSN 1517-5901 (online).
9. YONAHA, Liuca; MOON, Peter. De Hiroshima a Fukushima. **Época**, São Paulo, n.670 , p.86-94, mar. 2011.