

GUIA COMPLETO DE GESTÃO NORM E TENORM



Este eBook é pra mim?

Você trabalha com Segurança do Trabalho ou na Indústria de Produção de Energia nas áreas de produção de petróleo Onshore e/ Offshore ou na Mineração?

Se você respondeu sim para a pergunta acima, este eBook é para você.

Aqui você vai encontrar os principais perigos presentes para os trabalhadores que atuam em offshore. Fique atento a cada um dos riscos elencados neste eBook. **Eles podem salvar a sua vida.**

Obrigado e boa leitura!



LINC 
radio proteção

SUMÁRIO

GUIA PRÁTICO COMPLETO DE NORM E TENORM	6
O QUE NORM E TENORM TÊM DE TÃO DIFERENTE?	8
O QUE NORM E TENORM TÊM DE TÃO DIFERENTE?	8
RADIAÇÃO IONIZANTE	10
RADIAÇÃO ALFA.....	11
RADIAÇÃO BETA.....	11
RADIAÇÃO GAMA.....	11
MAS O QUE TUDO ISSO TEM A VER COM NORM E TENORM?	12
NORM E TENORM NA INDÚSTRIA	12
NORM NA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA.....	13
TENORM NOS PRODUTOS DE CONSUMO	14
OUTRAS INDÚSTRIAS GERADORAS DE NORM	15
MAS QUAIS SÃO OS RISCOS DA RADIAÇÃO POR NORM?	16
INGESTÃO.....	16
INALAÇÃO.....	17
ABSORÇÃO NA PELE.....	17
EXPOSIÇÃO	17
EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO	17
ESTOCÁSTICOS.....	17
DETERMINÍSTICOS	18
RADIOPROTEÇÃO E NORM	19
RADIOPROTEÇÃO PARA NORM.....	19
O QUE É RADIOPROTEÇÃO?	21

PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA RADIOPROTEÇÃO	22
JUSTIFICAÇÃO	22
OTIMIZAÇÃO.....	23
LIMITAÇÃO	23
LIMITES DE INALAÇÃO E INGESTÃO	24
LIMITES DE DOSE DE RADIAÇÃO	24
LIMITES DERIVADOS.....	25
MONITORAÇÃO PESSOAL	26
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL	26
RESPONSABILIDADES DOS IOE	27
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL ESPECÍFICOS PARA ATIVIDADES QUE ENVOLVAM NORM E TENORM	27
ATIVIDADES DO SERVIÇO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA.....	28
EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES.....	29
PLANEJAMENTO DA ATIVIDADE	30
PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS	30
GERÊNCIA DE REJEITOS	31
SEGURANÇA E ACIDENTES.....	32
TRANSPORTE.....	32
CONTROLE DE CONTAMINAÇÃO.....	33
PONTOS DE MONITORAÇÃO EM TAMBORES	36
ROTULAGEM DE TAMBORES E PEÇAS	37
MONITORAMENTO DE ÁREAS.....	38
CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE TRABALHO	39
ÁREA CONTROLADA	39

ÁREA SUPERVISIONADA.....	40
ÁREA LIVRE	40
DETECTORES DE RADIAÇÃO.....	40
PROPRIEDADES DE UM DETECTOR	41
EFICIÊNCIA DE UM DETECTOR.....	41
FATORES QUE DEFINEM A ESCOLHA DE DETECTORES	42
TIPO DA RADIAÇÃO.....	42
INTERVALO DE TEMPO DE INTERESSE.....	42
PRECISÃO	43
CONDIÇÕES DE TRABALHO DO DETECTOR	43
TIPO DE INFORMAÇÃO DESEJADA	44
CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS E CUSTO.....	44
MONITOR DE RADIAÇÃO.....	45
DOSÍMETRO.....	45
CALIBRAÇÃO DOS MONITORES	46
CALIBRAÇÃO DE DETECTORES: RASTREABILIDADE	46
INCERTEZAS ASSOCIADAS ÀS MEDIÇÕES.....	47
AFERIÇÃO	48
PROCEDIMENTO PARA AFERIÇÃO	48
MEDIÇÃO DIRETA E INDIRETA.....	48
MEDIÇÃO DIRETA.....	48
MEDIÇÃO INDIRETA (ESFREGAÇOS).....	48
TREINAMENTOS.....	49
CHECK-LIST PARA MONITORAÇÃO NORM	51
MONITORAÇÃO NORM.....	51
ETAPAS PRÉ SERVIÇO.....	51
REFERÊNCIAS.....	53

GUIA PRÁTICO COMPLETO DE NORM E TENORM

Bem-vindo ao Guia Completo de NORM e TENORM da LinceRadio.

O nosso Guia tem o objetivo de levar até você o maior nível de informação possível sobre os riscos e cuidados envolvendo os materiais radioativos de ocorrência natural e também os de ocorrência natural mas tecnologicamente concentrados, os temidos NORM e TENORM.

NORM e TENORM são isso mesmo: **materiais radioativos de ocorrência natural**. E eles podem estar aí na indústria em que você trabalha. Fique atento. Você não vai querer ficar exposto a radiação nem quer que seus colegas ou funcionários também estejam.

Nós vamos ajudar você a entender mais sobre cada um deles.

NORM é a sigla para *Naturally Occurring Radioactive Materials* ou, em bom português, materiais radioativos de ocorrência natural. Trata-se de materiais obtidos a partir de núcleos radioativos como são os casos das séries de Urânio-238 e Tório-232.

NORM diz respeito aos materiais radioativos que não sofreram nenhum tipo de interação humana.

Já **TENORM** são os materiais radioativos de ocorrência natural tecnologicamente concentrados (*Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials*). Decorrem do processamento ou manipulação do material NORM de modo que potencialize-se a exposição à radiação ionizante.



Neste Guia você vai ficar por dentro dos principais assuntos relacionados à NORM e TENORM:

- **A formação de NORM e TENORM**
- **Classificações para NORM e TENORM**
- **Tipos de radiação emitida por NORM e TENORM**
- **Radioproteção sobre NORM e TENORM**

Durante boa parte do Guia iremos tratar o termo NORM como sendo um conjunto formado por NORM e TENORM, pois ambos são materiais radioativos de ocorrência natural. Mas vamos levar em consideração que o TENORM é uma consequência do NORM, assim fazendo a distinção sempre que for pertinente ao nível de informação que queremos prestar a você.

Então vamos lá!

O QUE NORM E TENORM TÊM DE TÃO DIFERENTE?

Para responder a essa e outras perguntas que surgirão durante todo o Guia precisamos entender alguns conceitos simples que envolvem o NORM.

Vamos começar com uma definição básica de algo que diz respeito a tudo o que existe no planeta Terra e além dele.

O QUE É UM ÁTOMO?

Átomo é a menor parte capaz de identificar um elemento químico. É composto de um núcleo de nêutrons não carregados e de prótons positivamente carregados, rodeados por uma nuvem de elétrons negativamente carregados. Em átomos sem carga, o número de prótons e elétrons é igual, o que representa o número atômico do elemento.

Toda a matéria existente no Universo é constituída por átomos. Estes são formados por diversas combinações entre prótons, nêutrons e elétrons. Em razão dessas combinações, os átomos adquirem propriedades físico-químicas bem estabelecidas permitindo identificar cada um deles como sendo um **elemento químico** específico.

Mas não para por aí.

Um mesmo elemento pode se apresentar de diferentes formas levando em consideração o seu arranjo atômico. É o que acontece com os famosos **isótopos**. Eles têm comportamento químico idêntico aos demais tipos de átomos de um elemento. O que diferencia é que os isótopos têm o número de nêutrons diferentes, mesmo tendo números de prótons iguais. Tal variação resulta em átomos mais ou menos instáveis apesar de se tratarem de variações de um só elemento. É o caso do Urânio que tem os isótopos U-234, U-235 e U-238.

ISÓTOPOS são as variantes de um elemento químico em razão da constituição de seu núcleo. Enquanto todos os isótopos de um dado elemento compartilham o mesmo número de prótons, cada isótopo difere dos outros quanto ao número de nêutrons.

A instabilidade dos átomos está associada a um excesso de energia acumulada que tende a ser liberada sob a forma das temidas radiações. Trata-se de um processo chamado decaimento. Consiste na liberação do excesso de energia do átomo para tornar-se mais estável. A radiação emitida durante o decaimento pode reverter-se em pura energia eletromagnética ou na expulsão de partículas do núcleo do átomo.

Os isótopos instáveis estão distribuídos em diversos elementos espalhados pela natureza. Geralmente ficam acumulados em formações rochosas e na composição característica de cada ambiente.

Esse acúmulo é conhecido como Background e faz parte do nosso já conhecido NORM.

BACKGROUND(BG) ou RADIAÇÃO DE FUNDO caracteriza-se pela radiação natural existente em cada ambiente ao qual um indivíduo está exposto. Como exemplo temos as radiações terrestre e cósmica. A radiação de fundo varia conforme a região geográfica e a formação rochosa que compõe a crosta terrestre naquele determinado ponto, sendo a média de 1,5 mSv por ano. Para fins de medição, é definida como a leitura real medida em contagens por segundo (CPS) quando tomado em uma área sabida de ser livre de contaminação radioativa/incrustações. A experiência demonstra que o intervalo típico é entre 1 a 3 CPS.

As exposições às radiações provenientes do NORM não sofrem restrições legais, dado que são provenientes da própria natureza.

Entretanto, a partir do momento em que estes isótopos são manipulados pelo homem passam a ser considerados TENORM e conseqüentemente são sujeitos a regulamentação específica.

No Brasil a regulação a cerca de materiais radioativos como NORM e TENORM fica a cargo da CNEN(Comissão Nacional de Energia Nuclear). Essa é a instituição responsável pela normatização, fiscalização e controle do uso de materiais radioativos em todo o país.

CNEN

É uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), criada em 1956. É responsável por regular e fiscalizar o uso da energia nuclear no Brasil. Investe também em pesquisa e desenvolvimento, buscando um uso cada vez mais amplo e seguro das técnicas do setor. Suas 14 unidades estão distribuídas por nove estados brasileiros e a sede localiza-se no Rio de Janeiro.

O dever da CNEN é garantir a total segurança na operação dos materiais e equipamentos radioativos manipulados no Brasil. As principais licenças de autorização, segurança e trabalho envolvendo radioatividade no país passam pela Comissão.

É fundamental acolher de maneira integral todas as normativas estabelecidas pelas publicações da CNEN para manter a segurança no trabalho e a legalidade dos serviços.

Outro órgão que tem influência nas atividades envolvendo materiais radioativos, mas não tem valor regulatório direto é a AIEA(Agência Internacional de Energia Atômica). Ela tem seus próprios padrões de segurança estabelecidos, mas não impõem a aplicação dentro de um país, apenas os

recomenda.

Por outro lado, os benefícios do programa de cooperação técnica da AIEA, tais como missões de peritos, treinamento e participação em congressos, são baseados nos padrões de segurança da AIEA.

A CNEN sempre leva em consideração os padrões normativos da AIEA na elaboração de suas normas nucleares e demais atividades regulatórias. Por essa razão é importante dar atenção a tudo que esses e outras instituições ligadas ao manejo de produtos radioativos tem divulgam.

O QUE É RADIAÇÃO?

É a propagação de energia, na forma de ondas eletromagnéticas ou de partículas. A onda eletromagnética é uma forma de energia, constituída por campos elétricos e campos magnéticos variáveis e oscilando em planos perpendiculares entre si, capazes de propagar-se no espaço. No vácuo, sua velocidade de propagação é de 300.000 km/s.

RADIAÇÃO IONIZANTE

Toda a matéria é formada por elementos como oxigênio, carbono e ferro. A maioria dos elementos encontrada no meio ambiente é estável. Apenas uma pequena fração destes elementos é instável e se transformam (decaem) em núclídeos de outro elemento durante o qual a radiação (excesso de energia ou partículas) é emitida.

O decaimento radioativo ou desintegração radioativa é a transformação, por meio da emissão de partículas alfa, beta ou de radiação gama, de núcleos com excesso de energia, conhecidos como radionuclídeos, em núcleos estáveis.

O decaimento radioativo é um processo aleatório em que núcleos instáveis de uma espécie em uma mesma amostra não sofrem desintegração ao mesmo tempo, sendo impossível prever o tempo de vida de um núcleo. No entanto é possível descrever o comportamento para uma quantidade considerável de átomos, uma vez que o número de desintegrações por segundo é proporcional ao número de átomos que se transformam naquele instante. Pode-se dizer que a probabilidade de decaimento por átomo por segundo deve ser constante, independente do tempo de existência do núcleo radioativo.

O número de desintegrações nucleares por unidade de tempo é proporcional à quantidade de material radioativo na amostra (massa ou número de átomos).

NORM:GUIA PRÁTICO IRD

Vimos que os átomos podem ser naturalmente estáveis ou instáveis. Os átomos que têm o núcleo instável, ou seja, aqueles que se transformam espontaneamente, liberam energia na forma de radiação.

Os átomos instáveis também são conhecidos como radionuclídeos. A energia liberada pelos radionuclídeos pode interagir com outros átomos e ionizá-los.

A ionização é o processo pelo qual os átomos se tornam positivamente ou negativamente carregados pelo ganho ou pela perda de elétrons.

A radiação ionizante transfere energia suficiente para expulsar os elétrons de sua órbita, resultando na criação de íons.



Os tipos mais comuns de radiação emitidos por radionuclídeos de ocorrência natural são as partículas alfa e beta (partículas) que são frequentemente acompanhadas pela radiação gama (onda eletromagnética).

Radioisótopos são isótopos de elementos radioativos utilizados principalmente na medicina (diagnóstico e terapia), indústria e com finalidade de pesquisa. Isótopo instável de um elemento que decai ou se desintegra, emitindo radiação.

Acho que agora deu para entender bem o que é ionização, decaimento e de onde vem os raios alfa, beta e gama.

Agora só falta saber um pouco mais sobre cada um desses principais tipos de radiação ionizante.

- **RADIAÇÃO ALFA (α)** – É um tipo de radiação corpuscular, correspondente a um núcleo de hélio carregado positivamente. Considerando que as partículas alfa emitidas por radionuclídeos de ocorrência natural são pesadas e carregadas eletricamente, elas têm um curto alcance e não conseguem penetrar a pele.

Atenção: a radiação alfa é uma fonte de exposição interna quando inaladas e/ou ingeridas.

- **RADIAÇÃO BETA (β)** – Corresponde a um elétron (podendo ter uma variante positiva, o pósitron) ejetado do núcleo. A penetração de partículas beta no organismo também é baixa. A maioria das partículas beta emitidas por radionuclídeos naturais são interrompidas por aproximadamente 0,5 cm de pele e tecido. Da mesma forma que acontece com a radiação alfa, também apresenta risco à saúde humana se inaladas e/ou ingeridas.

- **RADIAÇÃO GAMA (γ)** - São um tipo de radiação eletromagnética que por não terem massa e carga elétrica tornam-se muito penetrantes. Os raios gama podem passar pelo corpo, paredes de tubos e separadores sem qualquer absorção significativa devido a sua altíssima energia. Tem grande risco de exposição externa.

RAIO X

Por causa do uso na medicina os raios-X são muito populares. Os raios-X assemelham-se aos raios gama, pois são fótons de energia pura. Raios-X e gama têm as mesmas propriedades básicas, mas vêm de diferentes partes do átomo. Os raios-X são emitidos em processos por fora, enquanto os raios gama se originam dentro do núcleo do átomo. Eles também são geralmente mais baixos em energia e, portanto, menos penetrantes do que os raios gama. Os raios-X podem ser produzidos naturalmente além dos aparelhos elétricos que somos acostumados a ver em hospitais e indústrias.

Quando a radiação penetra através dos tecidos, ela perde uma pequena parte de sua energia durante cada interação (colisão) com as moléculas nos tecidos corporais. Quando toda energia de radiação é perdida devido a colisões, a radiação para e não causa mais danos ao corpo humano.

A energia da radiação, que é absorvida por 1 quilograma de matéria ou tecidos, é chamada de "dose de radiação". A unidade de dose de radiação é o Sievert.

Uma vez que 1 Sievert (Sv) é uma dose muito alta para ser utilizada na proteção de radiação operacional, é mais conveniente usar submúltiplos, como por exemplo o milliSievert (mSv) quando se refere a doses anuais (1 Sv = 1.000 mSv). A dose recebida durante um dia ou uma semana é ainda menor, por isso é útil usar uma unidade de dose chamada microSievert (μ Sv) (1 mSv = 1000 μ Sv).

Sievert (Sv) é a unidade do Sistema Internacional (SI) para medição da Dose Efetiva de radiação. As leituras normalmente são feitas em micro Sievert ($\mu\text{Sv/h}$) ou mili Sievert por hora (mSv/h).

Falamos bastante sobre a radiação e algumas de suas principais peculiaridades. Classificamos e esmiuçamos alguns tipos de radiação como as ionizantes alfa, beta e gama. Tudo bem. A memória já deve estar reforçada e a base para o Guia de NORM e TENORM está bem fundamentada.

Mas o que tudo isso tem a ver com NORM e TENORM?

Agora vamos tratar sobre a diferenciação entre NORM e TENORM, bem como fazer com que você entenda ainda mais sobre os riscos à sua saúde ou de qualquer outra pessoa que tenha contato com materiais radioativos de ocorrência natural.

Natural Occurring Radioactive Material ou simplesmente NORM é o material radioativo que não contém quantidades significativas de radionuclídeos, exceto os radionuclídeos de origem natural. A definição exata de “quantidades significativas” é uma decisão regulatória. NORM está presente em vários lugares que você frequenta. Se você for a Guarapari poderá tomar banho de mar tranquilamente sobre areias com quantidades significativas de radionuclídeos. NORM realmente é algo natural e faz parte do nosso cotidiano. O único problema está quando esse tipo de material é processado de alguma maneira.

Por essa razão, materiais cujas concentrações da atividade dos radionuclídeos de origem natural são alteradas tecnologicamente recebem uma classificação diferente.

Agora vamos entender melhor o que são materiais radioativos de ocorrência natural tecnologicamente concentrados, os já conhecidos TENORM.

Por “materiais radioativos de ocorrência natural”, como já vimos, são aqueles elementos encontrados no meio ambiente que de alguma forma emitem radiações ionizantes que não foram movidas ou concentradas pela atividade humana que tenham sido concentradas ou expostas ao ambiente acessível como resultado de atividades humanas como fabricação, extração de minerais ou processamento de água.

Já “tecnologicamente reforçada” significa dizer que as propriedades radiológicas, físicas e químicas do material radioativo foram concentradas ou alteradas por terem sido processadas, beneficiadas ou perturbadas de modo a potencializar a exposição humana e/ou ambiental.

NORM e TENORM na Indústria

A maior incidência de materiais radioativos de ocorrência natural ocorre nas indústrias de produção de energia, mineração, tratamento de água e produtos de consumo.

No Brasil as principais empresas que devem estar preocupadas com os **riscos do NORM** são aquelas ligadas ao setores de **carvão, óleo e gás**.

As indústrias que trabalham com **Monazita, Óxido de titânio, Zircônio, Mineração de fosfato e produção de ácido fosfórico, Nióbio, Estanho e Cobre** também devem estar atentas.



NORM na indústria de produção de energia

Na **produção de óleo e gás** o conteúdo de água de produção inicial de petróleo e de gás em um reservatório é normalmente baixo. Conforme a pressão natural dentro da formação vai caindo, a água presente no reservatório tende a ir aumentando proporcionalmente ao ritmo da produção. Esta formação de água contém sais minerais dissolvidos contendo naturalmente mais isótopos radioativos.

Uma prática comum desta indústria reside em injetar água do mar tratada dentro do reservatório explorado conforme as reservas de petróleo e gás são recuperadas. O intuito da injeção de água é elevar a pressão na formação e melhorando a extração do petróleo.

Contudo, a água do mar injetada tem a tendência de ser mais salina que a própria água natural encontrada na formação e conseqüentemente pode dissolver sais radioativos adicionais de minerais presente nos estratos geológicos.

O óleo e gás gerados são extraídos e passam por filtros, tanques, vasos e demais partes das linhas de produção, fazendo com que os isótopos radioativos agregados à água, sais e areia se acumulem nas paredes internas de todo o caminho que faz.

Por fim, materiais radioativos de ocorrência natural podem estar presentes em algumas linhas e peças da unidade, acumulando-se preferencialmente em conjuntos sub-sea, poços, tubulações, todas as instalações e equipamentos de bordo, incluindo tubos de distribuição, separadores, refrige-

radores de óleo, linhas de fluxo óleo/água, separadores de água oleosa, tanques de carga e válvulas, podendo dividir-se em três tipos principais: incrustações, lodo e areia.

A **incrustação** pode ser encontrada nas partes superiores de poços, onde pode precipitar a partir de água produzida de alta salinidade, podendo conter sulfatos e carbonatos. Também é comum encontrar incrustações dentro de linhas, vasos e tanques. A incrustação mais comum é o sulfato de bário (BaSO₄). O material de formação de incrustação também pode precipitar em areia e partículas de lodo e detritos de incrustação podem ser misturados com lodo e areia dentro dos vasos.

O **Lodo** pode ser encontrado em tanques slops. Os principais componentes das lamas são partículas finas de incrustação, areia, corrosão, flocos de tinta, etc.

As partículas grossas de **areia** e incrustação geralmente são mantidas em separadores e armadilhas de areia.

A existência do acúmulo de TENORM está ligada diretamente ao tempo de operação e ao perfil geológico da bacia explorada. É necessário o acompanhamento periódico para assegurar que o acúmulo deste material está abaixo do especificado como seguro.

Em campos de exploração onde haja histórico de acúmulo e/ou incrustações, é sugerido que se realizem monitorações anuais nas unidades. Já em campos onde não tenha sido observada a presença deste tipo de material, pode-se trabalhar com uma periodicidade de monitoração a cada 5 anos.



Exemplo de incrustação TENORM

O material TENORM é tratado conforme o princípio do limite aceitável de risco, a ALARP (As Low As Reasonably Practicable). As medidas necessárias devem garantir, na medida do possível, que as exposições à radiação provenientes destes materiais aos trabalhadores não ultrapassem os limites estabelecidos pela CNEN enquanto todo o rejeito é removido.

TENORM nos produtos de consumo

Alguns materiais radioativos de natureza natural melhorados tecnicamente podem ser encontrados em alguns produtos de consumo. Por exemplo, o zircônio ($ZrSiO_4$) contém pequenas quantidades de urânio e tório e é amplamente utilizado como esmalte para cerâmica e moldes metálicos.

Nas antiguidades, **produtos de antiquário**, tais como móveis, roupas, jóias, livros, bonecas, pratos e muitos outros, você pode encontrar itens que contenham compostos radioativos. Originalmente esses produtos eram feitos e vendidos antes que os efeitos da radiação sobre a saúde fossem bem compreendidos e muito antes das medidas protetivas contra radiação serem implementadas.

Outros produtos com risco de TENORM são os materiais de construção. Quase todas as rochas, minerais e solos podem conter pequenas quantidades de materiais radioativos de ocorrência natural. Esses materiais radioativos podem acabar parando em produtos comuns como tijolos, blocos de cimento, bancadas de granito e azulejos.

Para finalizar, de longe, a maior dose de radiação recebida pela população (após o radônio) é através do fumo. Embora a fumaça de cigarro não seja

uma fonte óbvia de exposição à radiação, ela contém pequenas quantidades de materiais radioativos que os fumantes trazem nos pulmões enquanto inalam. As partículas radioativas se hospedam no tecido pulmonar e ao longo do tempo contribuem para uma maior dose de radiação. A radioatividade pode ser um dos fatores-chave no câncer de pulmão entre os fumantes.

Outras indústrias geradoras de NORM

Indústrias ligadas à mineração, produção de energia e tratamento de água e geram resíduos e rejeitos NORM. Mais alguns exemplos dessas indústrias são as companhias de extração de elementos em terras rasas, produção de nióbio, manuseio e disposição de resíduos de tratamento de água, mineração subterrânea, produção de TiO_2 (Rutilo), Indústria de fosfato, produção de metais e carvão.

No Brasil, NORM está usualmente associado com as indústrias não nucleares, ou seja, com as indústrias de extração e processamento de minério tradicional. Do ponto de vista regulatório, a mineração e beneficiamento de urânio constituem monopólio da União Federativa e, portanto, segue a legislação do ciclo do combustível nuclear, não aplicável à NORM.

Uma indústria que gera NORM na forma de subprodutos, resíduos e rejeitos é a de **extração e processamento de minérios**.

A obtenção de metais por processos térmicos ou químicos, a partir de minérios como a cassiterita (Sn), columbita-tantalita e pirocloro (Nb, Fe, Ta, ETR), entre outros, produz resíduos e rejeitos que contém concentrações

variáveis de urânio e tório associados, produtos sob a supervisão da CNEN.

O processo de verificação ao cumprimento dos requisitos de segurança e de radioproteção nas instalações minero-industriais são estabelecidos na norma CNEN-NN-4.01 e implementado através de inspeções e auditorias. As instalações são inicialmente classificadas com base em uma abordagem gradual quanto ao risco e diferentes aspectos são considerados no processo de fiscalização das instalações que lidam com NORM.

Na última década, as inspeções têm indicado que o principal problema enfrentado pela indústria minero-industrial é a gestão e a deposição de NORM, muitas vezes, de forma inadequada, com consequências à proteção do público e ambientais.

Todos esses TENORM emitem radiação e são a causa de exposições de radiação gama externa. Se os TENORM são inalados e/ou ingeridos, os órgãos do corpo são expostos à radiação alfa emitida por partículas TENORM no pulmão e trato gastrointestinal.

Há também risco associado à inalação do gás radônio, que é radioativo e é liberado pelo decaimento do rádio-226. Inalar este gás dentro de vasos com pouca ventilação ou outros espaços confinados pode resultar em exposição interna à radiação. No entanto, dentro de algumas horas, o fluxo de emissão deste gás é interrompido, a radiação gama externa não é mais captada.

NORM é designado por lei ou pelas autoridades reguladoras estando sujeito, portanto, ao controle, devido à sua radioatividade. O controle regula-

tório como uma prática inclui a opção de isenção, ou seja, se não é regulado, não é NORM.

QUAL É A DIFERENÇA ENTRE RESÍDUOS E REJEITOS?

O resíduo é o que sobra e pode ser utilizado novamente, enquanto o rejeito é aquilo que sobra mas deve ser descartado por não ter utilidade dentro processo industrial.

O resíduo TENORM é o material que resta de um processo industrial ou compreende material que está contaminado por radionuclídeos de origem natural e, desta forma, pode ou não ser um rejeito.

Rejeito NORM é o material radioativo de ocorrência natural para qual não está prevista qualquer utilização.

Segundo as normas nacionais e internacionais existem dois tipos de rejeitos, classificados de acordo com a atividade do material. São os rejeitos de alta atividade e de baixa e média atividade.

Os rejeitos de alta são aqueles gerados durante a fissão do urânio nos reatores nucleares. Estes, como o nome estabelece, são bastante ativos e permanecem radioativos por um longo tempo.

Por isso são segregados, imobilizados e abrigados em repositórios a grande profundidade, cerca de 500 metros, em terrenos geologicamente selecionados para serem isolados definitivamente do meio ambiente.

Os rejeitos de baixa e média atividade estão mais ligados ao NORM e TE

NORM. Nada mais são do que o resultado de materiais contaminados durante a operação das unidades radiativas, como luvas, botas, roupas e instrumentos usados durante a operação destas unidades, bem como fontes usadas na medicina e indústria limitadas com uma meia vida radiativa limitada a 30 anos.

Ao contrário dos rejeitos de alta atividade, esses rejeitos são armazenados em repositórios na subsuperfície, mantidos imobilizados, monitorados e contidos com barreiras de engenharia que assegurem seu isolamento por um longo período.

Mas quais são os riscos da radiação por NORM?

Os principais riscos associados com TENORM acima dos limites estabelecidos pela CNEN estão ligados à forma de contato. É possível ter contato com material radioativo por ingestão, inalação, absorção pela pele, exposição e incorporação interna.

Para ficarem mais claros os riscos da radiação por NORM vamos usar um dos exemplos mais comuns que é o caso da incrustação TENORM.

Ingestão

A incrustação TENORM que for ingerida pode passar pelo sistema digestivo até ser excretada. Apesar de irradiar todos os órgãos e tecidos durante sua circulação, não costuma causar danos significativos a longo prazo. O maior risco neste caso é quanto a contaminação química.



Inalação

A incrustação TENORM que for inalada possui um risco maior à saúde. Dependendo do tamanho da partícula, o isótopo inalado pode ser retido pelos pulmões. Uma vez preso não poderá ser removido. É indispensável que a escovação de equipamentos contaminados não ocorra sem acompanhamento de um supervisor de radioproteção ou pessoa designada por este profissional. Durante o processo de descontaminação a incrustação deve ser mantida úmida para evitar geração de poeira e os equipamentos de proteção adequados deverão ser utilizados.

Absorção na Pele

Feridas abertas e abrasões (escoriações) não devem ser expostas à incrustações por causa do elevado risco de absorção. Uma vez absorvidas as partículas radioativas entrarão na corrente sanguínea irradiando órgãos e tecidos além de acarretar reações de envenenamento químico.

Exposição

Dentro de campos de radiação todo o corpo humano fica exposto aos efeitos das radiações ionizantes. Levando em consideração a sensibilidade de cada órgão e tecido os efeitos podem ser mais ou menos prováveis. Esta sensibilidade está ligada diretamente a capacidade de reprodução celular. Quanto mais frequente for esta reprodução, maior o risco de ocorrerem danos na estrutura do DNA que podem originar tumores.

A incorporação interna (contaminação interna) e a exposição aos campos

de radiação podem resultar em danos celulares e na estrutura de nosso DNA. O processo de ionização causado pelas radiações pode alterar nossa estrutura molecular dependendo da dose total, taxa de dose, do fracionamento, do tipo de radiação e do tipo de célula ou tecido expostos.

As células danificadas podem morrer ao tentar se dividir, ou conseguir realizar reparos mediados por enzimas. Se o reparo é eficiente e em tempo curto, o DNA pode voltar à sua composição original, sem consequências posteriores. Num reparo propenso a erros, pode dar origem a mutações na sequência de bases ou rearranjos mais grosseiros, podendo levar à morte reprodutiva da célula ou a alterações no material genético das células sobreviventes, com consequências a longo prazo.

Estes efeitos são mais comuns em tecidos cujas células têm um índice de reprodução maior, visto que o dano causado ao DNA é causado durante sua fase de divisão (mitose). Em tecidos cuja taxa de divisão é baixa, os danos são menores.

Efeitos biológicos da radiação

Os efeitos biológicos da radiação podem levar poucos dias ou até dezenas de anos para se manifestarem, sendo classificados em estocásticos ou determinísticos.

Estocásticos: são efeitos em que a probabilidade de ocorrência é proporcional à dose de radiação recebida, sem a existência de limiar. Isto significa que doses pequenas, abaixo dos limites estabelecidos por normas e recomendações de proteção radiológica, podem induzir tais efeitos. Neste

tipo de efeito destaca-se o câncer.

Determinísticos: são efeitos causados por irradiação total ou localizada de um tecido, causando um grau de morte celular não compensado pela reposição ou reparo, com prejuízos detectáveis no funcionamento do tecido ou órgão. Existe um limiar de dose, abaixo do qual a perda de células é insuficiente para prejudicar o tecido ou órgão de um modo detectável. Isto significa que os efeitos determinísticos são produzidos por doses elevadas, acima do limiar, onde a severidade ou gravidade do dano aumenta com a dose aplicada. A probabilidade de efeito determinístico, assim definido, é considerada nula para valores de dose abaixo do limiar, e 100%, acima.

QUAL É A DIFERENÇA ENTRE IRRADIAÇÃO E CONTAMINAÇÃO?

Uma contaminação, radioativa ou não, caracteriza-se pela presença de um material em local indesejável. A irradiação é a exposição de um objeto ou um corpo à radiação, o que pode ocorrer a curta ou longa distância, sem nem ao menos a necessidade de contato.

Em exposições causadas por materiais NORM e TENORM não há potencial para que efeitos determinísticos sejam gerados, desde que respeitadas condições normais de trabalho, contudo, não há limites seguros para inalação e/ou ingestão de radioisótopos.

O uso de EPI(Equipamento de Proteção Individual) adequado é obrigatório. Lavagem das mãos e higiene pessoal também é algo fundamental para prevenir inalação e/ou ingestão de substâncias radioativas decorrentes de atividades que geram poeira.

O tipo adequado dos EPI para cada área será definido pela Segurança do

Trabalho, sob supervisão do Supervisor de Radioproteção, conforme cada situação encontrada.

RADIOPROTEÇÃO E NORM

O risco radiológico encontrado nas atividades relacionadas com as indústrias NORM são originados pela presença dos radionuclídeos das séries naturais do urânio(U) e do tório(Th) no bem mineral a ser explorado ou como o insumo utilizado para alimentar uma produção industrial.

A preocupação com a exposição dos trabalhadores destas indústrias, bem como a degradação do meio ambiente devido aos resíduos de práticas de “indústrias NORM” só acontecem por total falta de conhecimento.

Os profissionais de segurança do trabalho, bem como os supervisores de proteção radiológica aprovados pela CNEN que atuam nestas indústrias, devem realizar regularmente a avaliação radiológica do local de trabalho.

A principal razão deste Guia é apresentar os riscos que o NORM pode proporcionar e as medidas que devem ser adotadas a fim de se proteger destes riscos da maneira mais clara e concisa possível.

Radioproteção para NORM

Práticas rígidas de trabalho devem ser adotadas em todas as áreas onde houver presença de NORM. É necessário assegurar que nenhum elemento da força de trabalho receba uma dose excessiva ao limite admissível para qualquer pessoa do público em geral, conforme a legislação CNEN vigente (Norma CNEN NN 3.01).

Todos os registros de todas as ocasiões em que algum trabalhador entrar em uma área restrita de NORM deverão ser mantidos. Os registros de rotina incluem o fato de que o trabalhador foi monitorado quando saiu da área e ficou livre de qualquer contaminação de NORM.

Cada trabalhador designado para o projeto deve estar familiarizado e ser conhecedor dos procedimentos de trabalho e com os requisitos de segurança, conforme relatado na tarefa de trabalho.

Caso seja constatada contaminação por NORM, todos os itens de trabalho contaminados, bem como peças que precisem de tratamento só devem ser colocados no pátio após passarem por processo adequado de descontaminação e passarem a apresentar apenas contaminação interna.

As extremidades abertas de quaisquer tubos, peças de carretéis de válvulas serão seladas com polietileno de serviço pesado que será colocado usando-se uma lona, onde constará a inscrição, em português, Material Radioativo Gerado Naturalmente e um Trifólio (símbolo de radiação).



Símbolo de radiação

Cada item terá uma etiqueta de transporte de item radioativo colocada sobre ele.

Esses itens, então, serão colocados em um contêiner de transporte resistente, devidamente numerado que será coberto, quando cheio, por uma lona encerada de serviço pesado.

Cada contêiner de transporte também será etiquetado com as etiquetas apropriadas de transporte de material radioativo em todos os quatro lados, conforme Norma CNEN-NE 5.01- Transporte de Materiais Radioativos.

Um inventário de cada item em cada contêiner será mantido. Cada item terá um número único pintado sobre ele, o registro da contagem de contaminação detectada no item e a taxa de dosagem na superfície ou nível de radiação na superfície(NRS).

Deverá existir uma área de armazenagem que será exclusiva para peças contaminadas e tambores contendo borra com NORM. A área será cercada por uma cerca dupla.

A cerca interna, de arame, terá um portão fechado com cadeado, com altura de 2 metros. Essa cerca terá em todos os seus quatro lados cartazes de advertência de radiação indicando também se controlada ou supervisionada, conforme o caso.

A cerca externa será posicionada a dois metros de distância da cerca interna, garantindo níveis de radiação para Área Livre, conforme CNEN-NN-3.01 e também terá portão fechado a cadeado. Essa cerca não terá cartazes de advertência sobre radiação, somente cartazes avisando que se trata de área restrita, sem acesso permitido.

A área de armazenagem deve ser projetada para assegurar que os itens contaminados e os tambores sejam mantidos com segurança, que a taxa de dosagem para as pessoas trabalhando no local seja mantida no mínimo, que qualquer pessoa entrando na área restrita seja advertida imediatamente da presença de materiais radioativos.

Limites de exposição são expressos em limites de doses e estão em conformidade com o ICRP 60, que é o órgão Internacional responsável por estabelecer padrões de exposição à radiação.

ICRP - International Commission on Radiological Protection

A Comissão Internacional de Proteção Radiológica é uma organização independente, internacional e não governamental, com a missão de fornecer recomendações e orientações sobre proteção contra radiações.

Para a Sociedade existe um limite em relação a qualquer trabalho relacionado a NORM: A dose recebida por funcionários e contratados da Sociedade, resultante de exposição a NORM, não deve exceder 1 mSv/ano acima da radiação de fundo. Em situações específicas, o gerente de HS-

SE(Health, Safety, Security and Environment - Saúde, Segurança e Meio Ambiente) da frota pode determinar se outras exceções são exigidas.

Toda instalação com potencial para geração de contaminação NORM deve contar com locais apropriados para estocagem e armazenamento de rejeitos, pelo tempo necessário a fim de que o tratamento adequado seja providenciado.

Tais locais devem seguir as normas de segurança e de boas práticas aplicáveis às áreas controladas e seu acesso deverá ser restrito ao Supervisor de Radioproteção e à sua equipe.

AtaxadosenabordadequalqueráreadearmazemderesíduoNORMabor-donãodeveexceder $5\mu\text{Sv/h}$ acimadoBG(Background).Estasáreasdevemser barreiradasesinalizadasdemodoapropriadoparaindicaradosederadiação.

O que é Radioproteção?

Apresentamos de forma resumida as principais ações que envolvem a radioproteção para NORM. Mas é preciso ir mais a fundo. Por isso precisamos entender o conceito e as principais atribuições a respeito da proteção radiológica.

A Radioproteção ou Proteção Radiológica pode ser definida como um conjunto de medidas que visam proteger o homem e o ecossistema de possíveis efeitos indesejáveis causados pelas radiações ionizantes.

A radioproteção 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 à saúde e riscos associados.

Para avaliar quantitativa e qualitativamente esses possíveis efeitos é necessário definir as grandezas radiológicas, suas unidades, os instrumentos de medição e detalhar os diversos procedimentos do uso das radiações ionizantes.

Bastante coisa, não?!

Por isso grande parte das companhias preferem terceirizar esse cuidado tão específico. Existem instituições unicamente dedicadas à **consultoria e serviços de radioproteção**. É uma maneira de evitar dores de cabeça com mão de obra e legislação que é bastante dura no que diz respeito à radiação, como já devem ter notado pelo grande volume de normativas mencionadas ao longo deste Guia.

As 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.

Procedimentos para situações de emergência também devem ser definidos para o caso do desvio da normalidade de funcionamento de uma instalação ou prática radiológica.

Os conceitos, procedimentos, grandezas e filosofia de trabalho em proteção radiológica são continuamente detalhadas e atualizadas nas publicações da ICRP (*International Commission on Radiological Protection*). Existe também a ICRU (*International Commission on Radiation Units and*

Measurements), que cuida das grandezas e unidades, seu processo de aperfeiçoamento e atualização.

Os conceitos contidos nas publicações da ICRP e ICRU constituem recomendações internacionais. Cada país, pode ou não adotá-las parcial ou totalmente, quando do estabelecimento de suas **Normas de Proteção Radiológica**. Tudo depende do estágio de desenvolvimento do país, da capacidade ou viabilidade de execução, em cada área de aplicação.

Princípios Fundamentais da Radioproteção

Segurança deve sempre ser a primeira palavra que precisamos ter em mente quando falamos de radioproteção. É necessário estabelecer uma verdadeira **cultura de segurança**, que inclua estrutura, organização, prática, habilidade, treinamento e conhecimento. Sem este entendimento fica difícil instituir um nível de proteção adequado.

O estabelecimento de um sistema de segurança possibilita a atividade apropriada da proteção pretendida. Por exemplo, num sistema de blindagem multicamadas de um reator nuclear, a proteção da população e ecossistema fica mais fácil de ser garantida. Obviamente ela depende da correta execução dos procedimentos, do treinamento e engajamento dos operadores da instalação.

O entendimento coletivo para a execução rigorosa das tarefas programadas e definidas pelo programa de qualidade de operação, unifica e expressa a cultura de segurança dos trabalhadores da instalação.

Em muitas situações, as medidas de Segurança Física e Segurança do Trabalho coincidem com as de proteção radiológica. No entanto, em certas situações as exigências de radioproteção são mais rigorosas. A filosofia por trás dos limites de doses máximas permissíveis, para as diversas práticas e situações que, embora seguros, a proteção radiológica exige uma ordem de grandeza abaixo em seus valores, para tranquilizar as pessoas sobre o risco do uso da radiação nuclear, que muitos temem.

Na segurança do trabalho e de operação de muitas instalações, os níveis de insalubridade e periculosidade, quando ultrapassados podem já causar danos perceptíveis nos indivíduos. Em Proteção Radiológica, quando os limites máximos permissíveis são ultrapassados dificilmente algum dano é constatado; somente a probabilidade de ocorrência é que aumenta de valor.

Justificação

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 líquido

positivo para a sociedade.

Otimização

O princípio básico da proteção radiológica ocupacional estabelece que todas as exposições devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequíveis (*ALARA - As Low As Reasonably Achievable*). Contudo, como já mencionamos, a radioproteção para NORM atende ao princípio ALARP.

ALARP – *As Low As Reasonably Practicable*. O limite razoavelmente praticável de risco. Uma meta de aceitabilidade de risco balanceada entre o nível de risco e o custo do controle.

Estudos epidemiológicos e radiobiológicos em baixas doses mostraram que não existe um limiar real de dose para os efeitos estocásticos. Assim, qualquer exposição de um tecido envolve um risco carcinogênico, dependendo da radiosensibilidade desse tecido por unidade de dose equivalente (coeficiente de risco somático).

Além disso, qualquer exposição das gônadas (glândulas sexuais reprodutivas) pode levar a um detrimento genético nos descendentes do indivíduo exposto.

Os esforços envolvidos na proteção e o detrimento da radiação podem ser considerados em termos de custos; desta forma uma otimização em termos quantitativos pode ser realizada com base numa análise custo-benefício.

Limitação

Um dos objetivos da proteção radiológica é o de manter os limites de dose equivalente anual para os tecidos. Os níveis precisam estar abaixo do limiar do detrimento para os efeitos não-estocásticos para o tecido.

Dessa forma impõe-se que as doses particulares de **Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE)** e de indivíduos do público não devem exceder os limites anuais de doses estabelecidos.

A radioproteção também tem como função limitar a probabilidade de ocorrência de **efeitos estocásticos**.

A limitação de dose para efeitos estocásticos é baseada no princípio de que o detrimento deve ser igual, seja para irradiação uniforme de corpo inteiro, seja para irradiação não uniforme.

Os fatores de peso para os vários tecidos ou órgão usados para o cálculo da Dose Efetiva ou de Corpo Inteiro, estão recomendados nas publicações Nº 26 e 60 da ICRP. Os fatores da ICRP 60 são os estabelecidos na Norma CNEN-NN-3.01, de 2011. Em condições de exposição rotineira, nenhum IOE pode receber, por ano, doses efetivas ou equivalentes superiores aos **limites primários** estabelecidos por essa norma.

Os valores dos limites variam com o tempo. Eles dependem do estado de desenvolvimento da prática de radioproteção no mundo ou num determinado país, dos limites de detecção dos equipamentos que medem as grandezas operacionais vinculadas às grandezas primárias estabelecidas em norma e das prioridades estabelecidas pelos grupos humanos em determinada época.

Os **limites secundários** são utilizados para irradiações externa e interna. No caso de irradiação externa aplica-se o índice de dose equivalente de 20 mSv/ano. Para a irradiação interna, os limites são os anuais para a absorção de material radioativo via inalação ou ingestão, referidos ao **Homem de Referência**.

O Homem de Referência nada mais é do que alguém que serve de base para saber se o nível de radiação de um determinado grupo de pessoas, normalmente em razão ocupacional, está aumentando ou diminuindo em relação ao parâmetro estabelecido como referência.

LIMITES DE INALAÇÃO E INGESTÃO

Para assegurar que doses para inalação/ingestão são zero, a sociedade adotou uma filosofia de proteção total. Equipamentos de Proteção Pessoal adequado (por exemplo, máscaras de filtro, luvas e macacão), lavagem de mão e higiene pessoal serão de uso obrigatório pela equipe envolvida com o tratamento de partes e peças contendo contaminação por NORM, para prevenir a incorporação de substâncias radioativas decorrentes de atividades que geram poeira.

De maneira a monitorar a exposição à radiação de indivíduos para assegurar que o limite de 1 mSv/ano não seja excedido, a dose de indivíduos será registrada no banco de dados. O nível de ação foi estabelecido em 1 µSv/h para registro de doses individuais e inclusão nos registros de Licença de Trabalho.

É esperado que os dados indiquem que os níveis de exposição correntes sejam bem abaixo dos limites. Quando uma dose individual for esperada exceder 8 µSv/dia, estes valores devem ser relatados ao Supervisor de

radioproteção, ao Gerente de HSSE da Frota e Engenheiro de HSSE designado, que irão fornecer indicações para a necessidade de medidas de controle de radiação adicionais.

Nestes casos, como consequência, a empresa deve exigir que os funcionários sejam classificados como IOE (indivíduos ocupacionalmente expostos), e não será necessária assistência médica adicional. O uso de dosímetros pessoais LTD deve ser determinado como ferramenta de gerenciamento de risco.

LIMITES DE DOSE DE RADIAÇÃO

A dose recebida pelo público em geral, resultante de exposição às radiações, não deve exceder 1 mSv/ano acima do Background. Já para os trabalhadores envolvidos diretamente com as operações relacionadas ao material TENORM (IOEs) o limite não deve exceder 20 mSv/ano.

LIMITE DE DOSE ANUAIS			
GRANDEZA	ÓRGÃO	IOE	PÚBLICO
DOSE EFETIVA	Corpo inteiro	20mSv	1 mSv
DOSE EQUIVALENTE	Cristalino	20mSv	15 mSv
	Pele	500mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500mSv	---



LIMITES DERIVADOS

Os limites de dose de radiação são expressos pela CNEN em valores anuais. Por essa razão é necessário que sejam estabelecidos valores proporcionais, correspondentes às frações mensal, diária e horária destes valores.

LIMITES DERIVADOS		
PERÍODO	IOE	PÚBLICO
ANO	20,0 mSv	1,0 mSv
MÊS	2,40 mSv	0,12 mSv
DIA	0,08 mSv	0,004 mSv
HORA	0,01 mSv	0,0005 mSv

Limites derivados devem ser rotineiramente monitorados, usando equipamentos específicos para NORM e TENORM, tipo cintilômetro. Onde a contagem exceder 8 CPS acima do Background, a área deve ser considerada como contendo material contaminado.

Onde a contaminação for identificada deverá ser realizado um levantamento das taxas de radiação utilizando um monitor tipo Geiger-Muller. Quando as taxas de exposição excederem 0,51 $\mu\text{Sv/h}$, a área será consi-

derada como uma área supervisionada.

Apenas trabalhadores treinados e com controle de dose de radiação (dosímetros) tem permissão para entrar nestas áreas.

Em uma área supervisionada as condições de exposição deverão ser monitoradas continuamente para prever com segurança a dose de radiação à que um trabalhador está exposto.

A taxa dose em uma área supervisionada não deve exceder 2,5 $\mu\text{Sv/h}$.

Quando a radiação de contorno exceder 2,5 $\mu\text{Sv/h}$, a área será designada como uma área controlada e sistemas específicos de trabalho e provisões de segurança são necessários.

A taxa dose na borda de qualquer área de armazenagem de resíduo TENORM a bordo não deve exceder 0,5 $\mu\text{Sv/h}$ acima do BG (Background).

Estas áreas devem ser isoladas sinalizadas adequadamente, conforme recomendações internacionais.

MONITORAÇÃO PESSOAL

IOE é o Indivíduo Ocupacionalmente Exposto. Sua prática diz respeito à exposição normal ou potencial do indivíduo a toda atividade humana que introduz fontes de exposição, vias de exposição adicionais ou estende a exposição a mais pessoas. Também está relacionada modificação do conjunto de vias de exposição de vida a fontes existentes, aumentando a probabilidade de exposição de pessoas ou o número de pessoas expostas.

Todo **Indivíduo Ocupacionalmente Exposto** ou simplesmente IOE precisa que os níveis de radiação ionizante aos quais se expôs durante suas atividades sejam medidos. Isto é conseguido com o uso de dosímetros pessoais.

Os dosímetros são equipamentos de proteção individual que acumulam a energia das radiações recebidas e, através de leituras laboratoriais quantifica o nível de radiação acumulado durante a exposição às radiações.

Qualquer IOE que necessite acessar áreas supervisionadas e/ou controladas deverá obrigatoriamente fazê-lo portando seu dosímetro pessoal.

Os dosímetros são fornecidos através de empresas especializadas e devem ser trocados mensalmente, quando então o laboratório contratado realiza a leitura do dosímetro e emite o laudo de dose. Este laudo contém as doses de radiação recebidas por cada usuário ao longo do mês de uso e serve como comprovação legal de que cada indivíduo não excedeu os limites de dose derivados.

Os relatórios de dose originais devem ser assinados por cada um dos usuários como forma de dar ciência dos valores medidos. Após o recolhi-

mento das assinaturas deverá integrar a documentação da segurança do trabalho correspondente àquele funcionário. Uma cópia deverá ser anexada ao prontuário do colaborador.

EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

Os titulares(diretores) e empregadores de IOE são responsáveis pela proteção desses indivíduos em atividades que envolvam exposições ocupacionais. Devem assegurar que os IOE ou indivíduos eventualmente expostos à radiação cuja origem não esteja diretamente relacionada ao seu trabalho, sejam tratados como os indivíduos do público e recebam o mesmo nível de proteção.

O titular, ao terceirizar serviços que envolvam ou possam envolver exposição de IOE a uma fonte sob sua responsabilidade, deve: assegurar que o empregador esteja ciente de suas responsabilidades, em relação a esses IOE, conforme estabelecidas nesta Norma; assegurar ao empregador desses IOE, ou responsável pelos mesmos, que a instalação atende aos requisitos de proteção radiológica desta Norma; e prestar toda informação disponível, com relação à conformidade a esta Norma, que o empregador venha a requerer antes, durante ou após a contratação de tais serviços.

Os titulares devem como condição prévia ao trabalho dos IOE terceirizados, obter, dos empregadores, histórico de exposição ocupacional prévia e outras informações que possam ser necessárias para fornecer proteção radiológica adequada, em conformidade com esta Norma.

Responsabilidades dos IOE

- Seguir as regras e procedimentos aplicáveis à segurança e proteção radiológica especificados pelos empregadores e titulares, incluindo participação em treinamentos relativos à segurança e proteção radiológica que os capacite a conduzir seu trabalho de acordo com os requisitos desta Norma;
- Fornecer ao empregador ou ao titular quaisquer informações sobre seu trabalho, passado e atual, incluindo histórico de dose, que sejam pertinentes para assegurar tanto a sua proteção radiológica como a de terceiros;
- Fornecer ao empregador ou ao titular a informação de ter sido ou estar sendo submetido a tratamento médico ou diagnóstico que utilize radiação ionizante;
- Abster-se de quaisquer ações intencionais que possam colocá-los, ou a terceiros, em situações que contrariem os requisitos desta Norma.

Os IOE devem comunicar ao empregador ou ao titular, tão logo seja possível, qualquer circunstância que não esteja, ou possa vir a não estar, em conformidade com esta Norma.

Os titulares e empregadores devem registrar qualquer comunicado recebido de um IOE identificando qualquer circunstância que não esteja, ou possa vir a não estar, em conformidade com esta Norma, e tomar as ações requeridas.

Também têm o dever de relatar imediatamente à CNEN as situações em que os níveis de dose especificados para fins de notificação forem atingidos.

Compensações ou privilégios especiais para IOE não devem, em hipótese alguma, substituir os requisitos aplicáveis desta Norma.

Uma mulher ocupacionalmente exposta, ao tomar conhecimento da gravidez, deve notificar imediatamente esse fato ao seu empregador.

A notificação da gravidez não deve ser considerada um motivo para excluir uma mulher ocupacionalmente exposta do trabalho com radiação; porém o titular ou empregador, nesse caso, deve tomar as medidas necessárias para assegurar a proteção do embrião ou feto.

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL ESPECÍFICOS PARA ATIVIDADES QUE ENVOLVAM NORM E TENORM

O número de pessoas envolvidas em qualquer operação onde o contato com a incrustação TENORM puder ocorrer deve ser mantido a um mínimo ao mesmo tempo em que mantendo níveis de trabalhadores normal apropriados a uma operação eficiente.

Todas as pessoas envolvidas em qualquer atividade onde a exposição à incrustação TENORM puder ocorrer usarão os seguintes Equipamento de Proteção Pessoal:

- Macacão de uma peça, lavável com capuz (tipo Tyvec);
- Proteção Respiratória (Máscara semi facial com filtro, tipo P3);
- Botas de Borracha (lavável);

- Luvas de Borracha (lavável);
- Capacete de Segurança;
- Proteção Visual (óculos de ampla visão);
- Creme de Barreira (cremes à base de óleos/silicone que auxiliam na impermeabilização da pele);
- EEBD (Carregado em Espaço Confinado);
- Dosímetros Pessoais (medidores de taxa dose pessoal);

Caso a atividade exija entrada em espaço confinado, a proteção respiratória deverá ser substituída por máscara facial total com ar autônomo.



Ilustração de dosímetro pessoal

Os dosímetros pessoais devem ser utilizados da seguinte forma:

- 1º- Os dosímetros são solicitados pelo Supervisor de Radioproteção ao laboratório, informando os dados dos usuários;
- 2º- O laboratório prepara e envia os dosímetros, incluindo um dosímetro extra que será considerado o “padrão” (leitura de referência);
- 3º- Cada IOE, antes de iniciar sua jornada de trabalho em área supervisio-

nada, controlada, ou com suspeita de contaminação radioativa deve pegar seu dosímetro correspondente junto à segurança do trabalho;

4º- Os dosímetros devem ser utilizados fixando-os na altura do tórax, sobre as roupas (caso o funcionário esteja utilizando algum tipo de macacão impermeável como proteção contra contaminação, o dosímetro deverá ficar sob esta peça);

5º- Após o término das atividades do dia, o dosímetro deve ser devolvido para o local de guarda, junto ao dosímetro padrão;

6º- Após o período de 30 dias, o supervisor de radioproteção recolhe todos os dosímetros utilizados e os envia para leitura laboratorial, deixando em seu lugar a nova remessa para o próximo mês;

IMPORTANTE

O dosímetro padrão tem a função de medir o BG local, servindo como referência para o valor “zero relativo”. Este dosímetro não deve ser exposto a nenhum tipo de contaminação ou fonte de radiação, sendo proibido seu uso por qualquer trabalhador.

Recomenda-se que o dosímetro padrão e os dosímetros fora de uso permaneçam guardados em local seguro, preferencialmente em um claviculário na sala de segurança do trabalho ou local similar.

ATIVIDADES DO SERVIÇO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

O **Serviço de Proteção Radiológica** de uma instalação deve efetuar o Controle dos IOE, o Controle das Áreas, o Controle das Fontes de Radiação, o Controle dos Equipamentos e manter atualizados os Registros.



O Controle dos IOE é efetuado por meio da Monitoração Individual dos IOE, avaliando as doses que cada um dele recebeu durante o período de trabalho. Além disso, o Serviço de Proteção Radiológica deve acompanhar a supervisão médica dos IOE da instalação.

O Controle de Áreas é feito pela avaliação e classificação periódica das áreas da instalação, passando pelo controle de acesso, execução de um programa de monitoração e sinalização das áreas.

O Controle das Fontes de radiação de uma instalação deve ser feito por meio de um programa de controle físico, com a consequente verificação da integridade das fontes, quanto a possíveis vazamentos.

Os equipamentos geradores de radiação devem passar por programas de inspeção periódica enquanto que os instrumentos utilizados para a proteção radiológica devem ser calibrados com a periodicidade estipulada em norma específica.

Registros de usos, ocorrências e das doses individuais dos trabalhadores da instalação, devem estar sempre atualizados no Serviço de Proteção Radiológica.

EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES

Procedimentos básicos para uso e manutenção de mecanismos em radioproteção:

- a. Utilizar o equipamento de proteção individual adequado: luvas, avental, óculos, máscara, etc.;
- b. Utilizar os instrumentos de monitoração durante todo o trabalho: caneta dosimétrica, monitor individual (filme ou TLD), monitor de área, monitor de contaminação superficial, etc.;
- c. Manter limpo e em ordem a área (ou laboratório) onde se trabalha com material radioativo;
- d. As áreas onde se trabalha com material radioativo devem ser isoladas e bem sinalizadas;
- e. Manipular o material radioativo em local adequado e com sistema de exaustão apropriado: capelas, células quentes, caixas de luvas, etc.;
- f. Utilizar os instrumentos de manipulação adequados: pinças, porta-fontes, castelos, etc.;
- g. Manipular fontes abertas (pó, líquido) sobre bandejas de material liso (aço inox, teflon) forradas com papel absorvente;
- h. Proteger as bancadas com material apropriado e de fácil remoção, como papel absorvente sobre plástico impermeável ou folha de alumínio, caso haja possibilidade de contaminação superficial;
- i. Trabalhar em lugar com iluminação e ventilação adequadas.

PLANEJAMENTO DA ATIVIDADE

Medidas fundamentais para o bom andamento das atividades dentro das áreas de trabalho envolvendo radiação ou exposição à radiação.

- a. Conhecer antecipadamente as características do material radioativo com o qual irá trabalhar;
- b. No caso de material de alta atividade ou de difícil manipulação, simular todas as operações com material de mesmas características, mas inerte, antes de iniciar o trabalho;
- c. Trabalhar com as menores atividades possíveis de material radioativo;
- d. Somente o material radioativo que vai ser utilizado deve estar no local de manipulação;
- e. Manter o responsável pela proteção radiológica informado sobre todo o transporte de radioisótopos, bem como sobre a chegada e saída dos mesmos.

PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

- a. Não comer, beber ou fumar na área (ou laboratório) ou durante o trabalho com material radioativo;
- b. Não portar nem armazenar alimentos em local em que se trabalha com material radioativo;
- c. Em todo o trabalho com material radioativo, ter sempre em mente os três parâmetros básicos de proteção radiológica: tempo, distância e blindagem;
- d. No trabalho com fontes abertas, ter sempre a companhia de outra pessoa igualmente qualificada;
- e. Não permitir que pessoas não treinadas manipulem material radioativo;
- f. Usar blindagem o mais próximo da fonte;
- g. Nunca pipetar material radioativo com a boca;
- h. Fazer medições dos níveis de radiação no local, antes, durante e após a realização dos trabalhos;
- i. Após trabalhar com material radioativo, descartar as luvas de proteção e lavar bem as mãos e unhas com água e sabão e submetê-las a um medidor de contaminação;
- j. Qualquer transporte de material radioativo de um lugar para outro deve ser feito com todos os cuidados possíveis;
- k. Executar todos os procedimentos recomendados para a prática específica.

GERÊNCIA DE REJEITOS

- a. Saber antecipadamente a destinação dos rejeitos provenientes do trabalho a ser executado, se houver;
- b. Separar, embalar e identificar, conforme sua categoria, o material classificado como rejeito;
- c. Não jogar material radioativo nas vias de esgoto normal, a não ser que atenda aos limites definidos pelas normas específicas;
- d. Se um material estiver contaminado, avaliar se o custo e o esforço para descontaminá-lo compensam ou se é melhor considerá-lo como rejeito;
- e. Os recipientes devem portar de maneira visível, o símbolo da presença de radiação;
- f. O armazenamento provisório deve ser em local incluído no projeto da instalação;
- g. A segregação de rejeitos deve ser feita no local em que foram produzidos;
- h. Os rejeitos devem ser identificados em categorias segundo o estado físico, tipo de radiação, concentração e taxa de exposição;
 - i. Rejeitos eliminados devem ser registrados em formulário próprio;
- j. Os recipientes devem ser adequados às características físicas, químicas, biológicas e radiológicas dos rejeitos e condições asseguradas de integridade;
- k. Os recipientes destinados ao transporte interno devem atender aos limites máximos para contaminação externa;
- l. Os veículos para transporte interno devem ter meios de fixação adequada para as fontes de radiação;
- m. Após cada serviço de transporte devem ser monitorados e se necessário, descontaminados;
- n. O transporte externo é regulado por norma da CNEN;
- o. O local de armazenamento deve dispor de barreiras físicas e radiológicas para conter com segurança os rejeitos, evitar sua dispersão para o ambiente e minimizar a exposição de trabalhadores;
- p. O tratamento e a eliminação estão sujeitos às normas da CNEN;
- q. Os registros e inventários devem ser mantidos atualizados.

SEGURANÇA E ACIDENTES

Providências para a manutenção de um ambiente seguro e sem riscos de acidentes.

- a. Todas as possibilidades de acidente devem ser analisadas antes de se iniciar um trabalho;
- b. Qualquer evento relevante, não enquadrado no planejamento ou nos procedimentos operacionais, deve ser registrado para correção posterior;
- c. No caso de desvio de procedimento técnico envolvendo contaminações ou aumento de dose, o fato deve ser registrado e comunicado ao serviço de proteção radiológica ou de emergência da instalação;
- d. No caso de acidente mais grave, com perda de controle da situação, é necessário acionar o serviço de proteção radiológica ou de emergência da instalação;
- e. Ter sempre em mente que o melhor processo de descontaminação consiste em evitar a contaminação.

TRANSPORTE

O uso de material radioativo muitas vezes requer o seu transporte entre instalações. Para isso ele deve ser acondicionado em uma embalagem apropriada que é projetada e construída para ser uma barreira efetiva entre ele e o meio ambiente. O conjunto formado pelo material radioativo e sua embalagem é chamado de embalado.

Para que o transporte seja realizado de forma segura para pessoas, objetos e o próprio meio ambiente foram criadas normas internacionais que servem como base para os regulamentos nacionais. Na classificação internacional de produtos perigosos, da Organização das Nações Unidas (ONU), os materiais radioativos são incluídos na Classe 7.

Os requisitos de transporte se aplicam a todas as modalidades de transporte de materiais radioativos, ou seja, terrestre, aquático (fluvial e marítimo) e aéreo. Englobam todas as operações e condições relativas ao transporte, tais como desenho, fabricação, manutenção e reparo de embalagens, descarga, recepção, armazenamento em trânsito, entre outras. Sempre que possível, deve-se evitar requisitos aplicáveis a um só meio de transporte, de forma a facilitar o transporte multimodal.

No Brasil, a regulamentação sobre o transporte de materiais radioativos é feita pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, através da Norma CNEN-NE-5.01, e por outros organismos que regulam o transporte modal no país. Esses organismos possuem regulamentos para o transporte de material radioativo, em consonância com as normas e regulamentos da CNEN:

- ANTT - Agência Nacional de Transporte Terrestre - Resolução 420;



- ANTAQ - Agência Nacional de Transporte Aquático - Resolução 2239;
- ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil - RBAC 175;
- MARINHA DO BRASIL - NORMAM 01;
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução 237 LC140, IN 05; e
- MTE - Ministério do Transporte - NR 29.

A Norma CNEN-NE-5.01 de 01/08/1988 estabelece os requisitos de segurança e proteção radiológica para o TRANSPORTE DE MATERIAIS RADIOATIVOS, a fim de garantir um nível adequado de controle da eventual exposição de pessoas, bens e meio ambiente à radiação ionizante, compreendendo:

- retenção do conteúdo radioativo para evitar a dispersão de material radioativo e sua possível ingestão ou inalação, tanto durante o transporte normal, como também em caso de acidente;
- controle do nível de radiação externa para reduzir o perigo devido à radiação emitida pelo embalado;
- prevenção de criticalidade para impedir o surgimento de uma reação nuclear em cadeia;
- prevenção de danos causados por calor para impedir a exposição do embalado a temperaturas elevadas e a consequente degradação do material radioativo.

A Norma CNEN-NE-5.01 estabelece que a expedição de materiais radioativos deve ser precedida de um Plano de Transporte que pode ser usado pelo mesmo expedidor para várias expedições da mesma espécie. No

caso de transporte de material fóssil, deve ser também apresentado um Plano de Proteção Física, elaborado em conformidade com norma específica da CNEN.

Algumas companhias terceirizam o trabalho de transportar as cargas com material ionizante. Trata-se de um serviço que requer cuidado e atenção. Contratar uma empresa de radioproteção para fazer o transporte é o ideal para diminuir custos e riscos em qualquer que seja a atividade geradora de material radioativo.

CONTROLE DE CONTAMINAÇÃO

Procedimentos de controle básicos que devem ser praticados ao manusear TENORM e equipamentos contaminados.

- Estabelecer um limite em torno da área de trabalho. O limite deve ser tão pequeno quanto possível, mas suficientemente grande para permitir o acesso para o pessoal e o equipamento a partir da área de trabalho e para permitir que todo o trabalho seja realizado de uma maneira segura;
- Devem ser fornecidos recipientes ou sacos de plástico para vestuário EPI descartado e lixo contaminado, na saída de cada área de trabalho;
- As áreas sujeitas a contaminação TENORM possuem acesso restrito, apenas o pessoal essencial deve ser permitido nas áreas de trabalho onde existe potencial contaminação TENORM;

- Antes da manutenção de equipamentos contaminados ou abertura escotilhas de inspeção, o local deverá ser preparado com forração por lonas impermeáveis e demais meios de contenção para os resíduos. A cobertura do piso deve ser feita de um plástico, tipo impermeável material capaz de suportar as atividades de trabalho envolvidos sem furar ou rasgar. Alternativamente, pode ser utilizado um sistema de gotejamento em bandeja adequado. A cobertura do piso deve ser dimensionada para garantir a contenção de vazamentos e permitir amplo espaço para trabalho periférico;
 - Sinalizar os limites de área;
 - Durante a atividade de manutenção/descontaminação, qualquer material seco contendo TENORM deve ser umedecido para evitar a dispersão de materiais radioativos na atmosfera. Todo material seco deve ser molhado periodicamente durante todo o trabalho de manutenção;
 - As aberturas de equipamentos ou tubos contendo contaminação TENORM interna deve ser selados ou envoltos por plástico ou outros materiais adequados;
 - Tubos ou equipamentos contaminados por TENORM devem ser claramente identificados como a inscrição "contaminação TENORM", e removidos para uma área previamente designada;
 - A área deve ser sinalizada como "armazenamento temporário de materiais contaminados – radiação ionizante" e restrita para o público em geral;
 - Todos os resíduos contaminados, gerados durante a manutenção, devem ser isolados ou colocados em recipientes e sinalizados. As amostras representativas devem ser recolhidas a partir de resíduos e analisados para a posterior tratamento e descarte;
 - Após a conclusão da manutenção, o pessoal deve remover suas roupas de proteção antes de sair da área de trabalho;
 - Todos os materiais, equipamentos e ferramentas não colocados em containers ou tambores devem ser vistoriados para níveis de contaminação e de taxa de exposição ao sair da área de trabalho. Qualquer leitura maior do que os níveis de fundo é indicação positiva de contaminação, e devem ser tratados como tal.
 - Após a conclusão do trabalho, as zonas acessíveis da área de trabalho devem ser monitoradas para identificar possíveis pontos de contaminação do ambiente. Qualquer contaminação da superfície deve ser imediatamente limpa.
- Uma vez que equipamentos e partes de tubulação contaminados por incrustação TENORM tenham sido removidos da unidade offshore, pode haver a necessidade de armazená-los no cais dentro de contêineres de embarque antes de sua eliminação em um depósito permanente. Uma área isolada será criada para armazenamento temporário destes contêineres.
- Esta área de segurança consistirá de uma área interna cercada com os Sinais de Segurança de Radiação apropriados e um ponto de acesso controlado, adicionalmente uma cerca externa será erguida a aproxima-

damente dois metros da cerca interna com um único ponto de acesso controlado. A cerca externa não precisará exibir qualquer sinal de segurança relacionado às radiações ionizantes.

CONTROLE DE RESÍDUOS CONTAMINADOS

O armazenamento provisório e de curto prazo será necessário antes da disposição final dos rejeitos TENORM, para tanto os locais nas unidades offshore e na base onshore deverão estar previamente preparados para receber tais rejeitos.

As unidades devem contar com meios adequados para acondicioná-los (tambores e contêineres) e algumas obrigatoriedades envolvem o uso destes meios, tais quais:

- Devem estar em bom estado, sem indícios visíveis de corrosão interna ou externa, e ser feita de um material resistente tal que proporciona contenção adequada dos resíduos durante o período de armazenamento;
- Devem ser feitos ou revestidos com materiais que não vai reagir com, ou sejam incompatíveis com os resíduos, de modo que a capacidade do recipiente não seja prejudicada ou comprometida;
- Devem ser resistentes à degradação por radiação ultravioleta;
- Devem ser fechados e selados durante o armazenamento, e práticos para abrir e fechar quando for necessário adicionar ou remover novos resíduos;

- Não devem ser abertos, manipulados ou armazenados de uma forma que possam romper-se ou causar o vazamento;
- Deve-se prestar a devida atenção a quaisquer outros materiais que podem estar presentes na matriz de resíduos (ou seja, óleos, graxa ou produtos químicos etc);
- Devem ser resistentes a valores normalmente esperados de temperatura no ambiente de armazenamento;
- Devem ser resistentes à entrada de água;
- Devem ser armazenados em um ambiente seco para evitar a corrosão, podendo-se fazer uso de pallets;
- Devem ser fisicamente robustos para evitar danos durante o transporte;
- Devem ser preenchidos apenas até seu segundo terço, como forma de evitar derramamento por tombamento e excesso de acúmulo de gases;
- O local de armazenamento deve evitar a contaminação de águas superficiais / subterrâneas e a criação de terrenos contaminados por quaisquer vazamentos potenciais / derrames, como resultado de incidentes durante o período de armazenamento;
- Os EPI's contaminados deverão ser descartados em tambores específicos e identificados, nunca misturados ao NORM.

IMPORTANTE

Cada um dos recipientes deverá ser monitorado para identificar seus níveis de radiação. As medições deverão ser registradas em etiquetas resistentes ou no próprio recipiente, utilizando canetas permanentes ou outra forma de marcação.

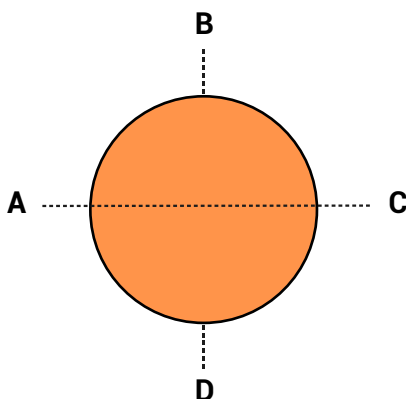
PONTOS DE MONITORAÇÃO EM TAMBORES

A contaminação TENORM não se apresenta homogeneamente distribuída no material contaminado, por isso é importante definir um padrão de monitoração de forma a garantir que os valores obtidos reflitam os níveis corretos de exposição às radiações ionizantes.

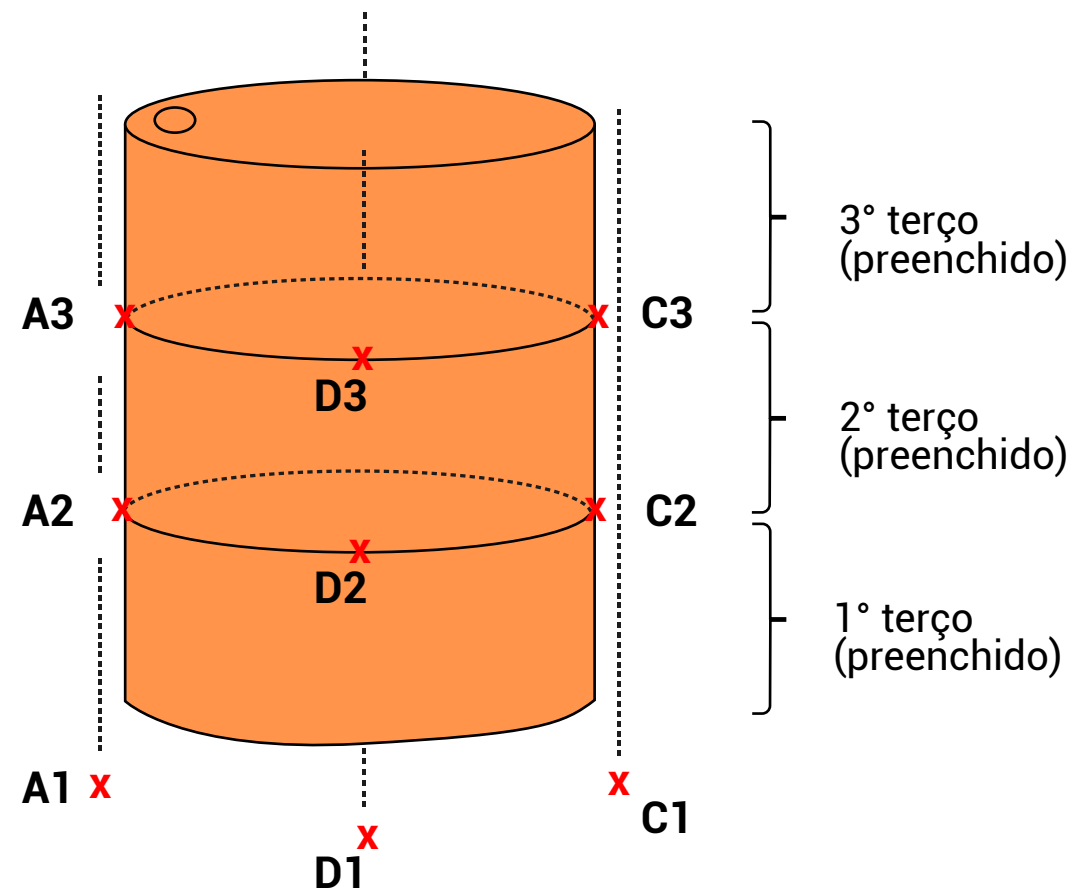
É comum existirem “placas” mais densas que ficam em suspensão no material oleoso que compõem a borra, da mesma forma que “torrões” se acumulam nos materiais sólidos que incrustam no interior das linhas.

Conseguir identificar os pontos onde tais acúmulos se encontram nos tambores é fundamental para que o nível máximo de radiação provenientes daquele recipiente seja tomado como referência.

Desta forma foram estabelecidos pontos mínimos que devem ser considerados.



Vista superior – Divisão do tambor em quatro quadrantes, “A”; “B”; “C” e; “D”.



Vista lateral – Cada terço do tambor possui quatro pontos de medição, cada um correspondente a um quadrante.

IMPORTANTE

As medições em cada um dos pontos indicados, deve ser realizada com o monitor de radiação encostado no respectivo ponto, como forma de otimizar o potencial de leitura do equipamento e registrada no formulário de monitoração.



Cada tambor contendo rejeitos contaminados deverá ser numerado sequencialmente e suas medições indicadas num dossiê de controle. Este documento deverá ser preenchido em três vias, uma ficando em poder do responsável pela radioproteção, a segunda deverá ser mantida pela segurança do trabalho da unidade e a terceira acompanhará o material descontaminado.

Cada tambor será rotulado com o símbolo internacional das radiações ionizantes e uma ficha contendo os valores medidos em cada ponto e detalhes do equipamento utilizado e profissional responsável pela monitoração antes de ser acondicionado em local adequado.

ROTULAGEM DE TAMBORES E PEÇAS

Todo tambor contendo rejeitos ou outros materiais/peças contaminados deverão ser rotulados com etiqueta que contenha, no mínimo, as seguintes informações:

- Número de identificação do tambor/peça;
- Data da monitoração;
- Local de origem do material;
- Maior valor medido em sua superfície ($\mu\text{Sv/h}$ e CPS), com referência ao ponto de monitoração;
- Nome e visto do responsável pela monitoração;

Esta etiqueta conterá o IT de cada tambor ou peça, a taxa de dose de radiação medida a 1 metro do ponto de maior valor encontrado e uma indicação de seu conteúdo (borra, EPI, areia, outros).

A determinação do IT se dará conforme os intervalos indicados na tabela

de condições a seguir:

CONDIÇÕES		
ÍNDICE DE TRANSPORTE (IT)	NÍVEL DE RADIAÇÃO MÁXIMO EM QUALQUER PONTO DA SUPERFÍCIE EXTERNA (NRM) (mSv/h)	CATEGORIA
IT=0	$\text{NRM} \leq 0,005$	I-BRANCA
$0 < \text{IT} \leq 1$	$0,005 < \text{NRM} \leq 0,5$	II-AMARELA
$1 < \text{IT} \leq 10$	$0,5 < \text{NRM} \leq 2$	III-AMARELA
$\text{IT} > 10$	$2 < \text{NRM} \leq 10$	III-AMARELA E SOB USO EXCLUSIVO



Etiquetas para transporte de materiais radioativos, conforme Norma 5.01

As duas laterais opostas dos tambores/ peças deverão estar devidamente rotuladas. Os rótulos pertencem às categorias: BRANCA I, AMARELA II, AMARELA III, ou AMARELA III (USO EXCLUSIVO), de acordo com os níveis de radiação que constam definidos na tabela de "condições".

MONITORAMENTO DE ÁREAS

Todas as frentes de trabalho com suspeita de haver TENORM devem ser previamente monitoradas. Um técnico de radioproteção deverá realizar uma varredura identificando pontos onde houver incrustação de material radioativo ou qualquer outra forma de contaminação.

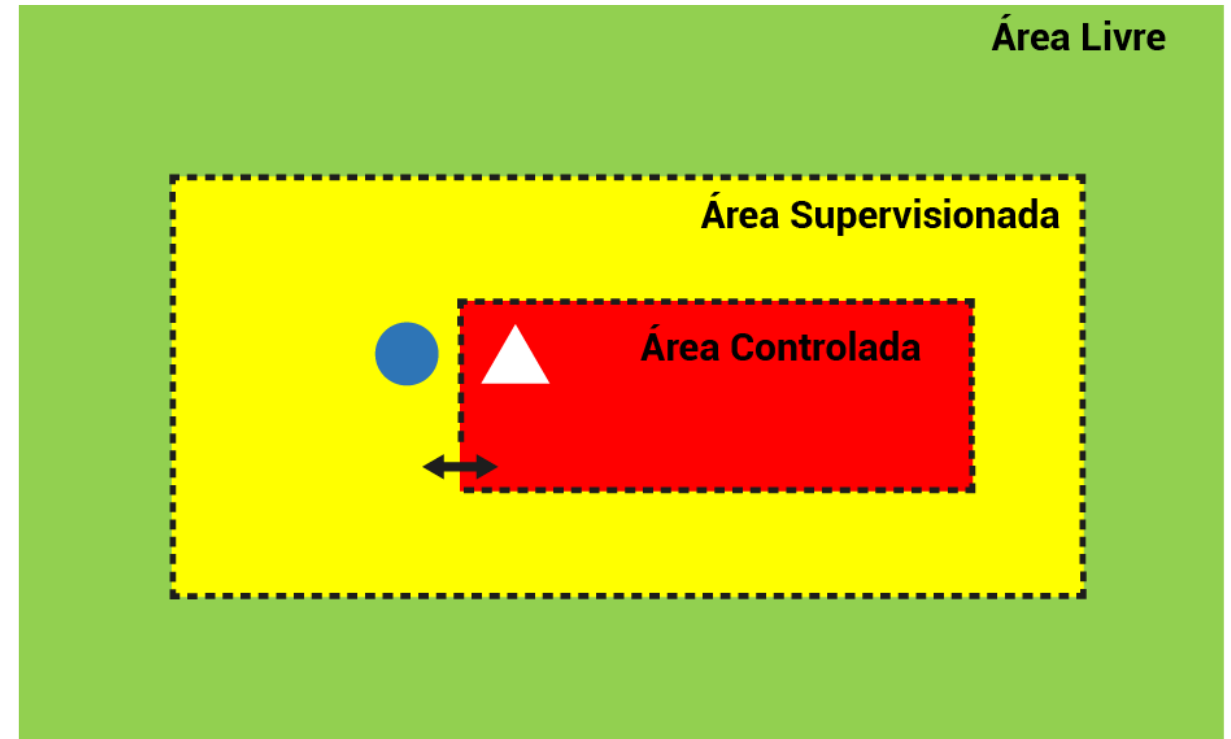
Esta varredura deverá considerar uma malha com tantos pontos de monitoração quanto forem necessários a fim de garantir que todo local com possibilidade de incrustação TENORM seja avaliado.

Este levantamento preliminar servirá para classificar as áreas de acordo com os níveis de radiação encontrados.

Recomenda-se o uso de monitores de radiação tipo cintilômetro, calibrado para expressar os resultados em CPS. Após a identificação dos pontos com maior número de CPS, deve-se realizar a monitoração das taxas de exposição utilizando um monitor tipo Geiger-Muller, calibrado para expressar os resultados em "taxa de dose" (Sv/h).

Após o monitoramento as áreas que apresentarem valores de CPS e taxa de dose acima dos limites estipulados deverão ser classificadas como

área supervisionada e área controlada, realizando-se seu isolamento e sinalização correspondentes.



- Ponto de Controle
- ▲ Ponto de Descontaminação
- ↔ Acesso
- Isolamento

Esquema de classificação de áreas

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE TRABALHO

As áreas de trabalho com material radioativo ou geradores de radiação são classificadas de acordo com a norma CNEN-NN-3.01. A normativa dispõe sobre cada uma das categorias de área de trabalho: **controlada, supervisionada e livre.**

- Área Controlada: tem regras especiais de proteção e segurança, com a finalidade de controlar as exposições normais, prevenir a disseminação de contaminação radioativa e prevenir ou limitar a amplitude das exposições potenciais.
- Área Supervisionada: suas condições de exposição ocupacional são mantidas sob supervisão, mesmo que medidas de proteção e segurança específicas não sejam normalmente necessárias.
- Área Livre: todas que não sejam classificadas como área controlada ou supervisionada.

ÁREA CONTROLADA

Se as leituras iguais ou superiores a 8 Bq/cm² forem encontradas, então a Área Controlada deve ser estabelecida. As necessidades de tal área serão confirmadas conjuntamente com o Escritório de Gerenciamento de Produção (Departamento de HSSE) conjuntamente com uma avaliação de risco específica e as medidas listadas abaixo. Todas as áreas controladas deverão ser avaliadas pelo Supervisor de Radioproteção.

O objetivo de uma Área Controlada é assegurar que todas as pes-

soas envolvidas no trabalho expostas a NORM em níveis de contaminação iguais ou superiores a 8 becqueréis/cm² sigam as regras locais específicas, mas não limitadas às seguintes:

- A área deve ser isolada e sinalizada e o acesso restrito apenas ao pessoal essencial;
- Comer, beber ou fumar está proibido no local;
- O uso de cosméticos (por exemplo, batom, etiquetas coladas e lenços de bolso) está proibido;
- Instalações de socorro imediato deverão estar disponíveis no local – estes incluem curativos à prova d'água no caso de ferimentos. Áreas limpas e sujas estão disponíveis nos pontos de acesso e regresso do local de trabalho;
- Quaisquer itens contaminados removidos da área serão selados e colocados dentro de sacolas com fios e rotulados conforme seus conteúdos. Isto inclui EPI contaminado que estiver sendo eliminado;
- Se como parte da operação uma Entrada em Espaço Confinado for necessária e a contaminação por TENORM tiver sido identificada, um ponto de entrada/saída contendo equipamentos para descontaminação deverá ser montado próximo a entrada deste local. Um técnico em radioproteção deverá controlar toda entrada/saída de pessoas, ferramentas e objetos, de forma que apenas os itens que estejam isentos de contaminação possam deixar a área controlada.

São condições determinantes de área controlada:

- Leituras > 2,50 $\mu\text{Sv/h}$;
- Contagens > 8 CPS;
- Contaminação > 8 Bq/cm²

São obrigatoriedades em áreas controladas:

- **Sinalizar a área nos pontos de acesso;**
- **Monitorar constantemente o local;**
- **Isolar o local para acesso do público em geral;**
- **Obrigatoriedade do uso de EPI;**
- **Utilização de dosímetros pessoais pelo pessoal envolvido**

ÁREA SUPERVISIONADA

O objetivo de uma Área Supervisionada é conter a incrustação TENORM em uma área administrável e restringir acesso apenas ao pessoal autorizado. A área também assegurará que qualquer EPI, peças ou ferramentas contaminadas por TENORM sejam mantidos em um local restrito e não entrem no fluxo de dejetos gerais da unidade.

As condições para determinação de áreas supervisionadas são:

- Leituras 0,51 > Leituras < 2,49 $\mu\text{Sv/h}$;
- Contagens 5 CPS > BG + CPS < 8 CPS;

As obrigatoriedades em áreas supervisionadas são as mesmas das áreas controladas.

ÁREA LIVRE

Área livre é toda aquela que está livre de contaminação por TENORM e, portanto, livre para acesso de pessoal do ponto de vista da radioproteção.

Uma área livre não requer nenhum tipo de sinalização ou medida de contenção.

Áreas Controladas e/ou supervisionadas podem passar a serem classificadas como livres após sua total descontaminação.

DETECTORES DE RADIAÇÃO

Detector de radiação é um dispositivo que, colocado em um meio onde exista um campo de radiação, seja capaz de indicar a sua presença.

Existem diversos processos pelos quais diferentes radiações podem interagir com o meio material utilizado para medir ou indicar características dessas radiações. Entre esses processos os mais utilizados são os que envolvem a geração de cargas elétricas, a geração de luz, a sensibilização de películas fotográficas, a criação de traços (buracos) no material, a geração de calor e alterações da dinâmica de certos processos químicos.

Usualmente um detector de radiação é constituído de um elemento ou material sensível à radiação e um sistema que transforma esses efeitos em um valor relacionado a uma grandeza de medição dessa radiação.

Propriedades de um detector

Um detector deve ser um dispositivo que, além dos dispositivos básicos de mensuração específicos para a função, trabalha para apresentar em suas sequências de medição as seguintes características.

- a. Repetitividade, definida pelo grau de concordância dos resultados obtidos sob as mesmas condições de medição;
- b. Reprodutibilidade, grau de concordância dos resultados obtidos em diferentes condições de medição;
- c. Estabilidade, aptidão do instrumento em preservar constância nas suas características de medição ao decorrer do tempo;
- d. Exatidão, grau de concordância dos resultados com o “valor verdadeiro” ou valor de referência a ser determinado;
- e. Precisão, grau de concordância dos resultados entre si, normalmente expresso pelo desvio padrão em relação à média;
- f. Sensibilidade, razão entre a variação da resposta de um instrumento e a correspondente variação do estímulo;
- g. Eficiência, eficiente capacidade de converter em sinais de medição os estímulos recebidos.

Juntamente às características mencionadas de medição incluem-se a manutenção do mesmo método, procedimento experimental, instrumento, condições de operação, local, condições ambientais e a repetição em cur-

to período de tempo.

Na definição da exatidão está envolvido o valor verdadeiro ou valor de referência.

Obviamente que este valor é desconhecido ou indeterminado, pois sua existência implicaria numa incerteza nula. Assim, existe o **valor verdadeiro convencional** de uma grandeza, que é o valor atribuído e aceito, às vezes, por convenção, como tendo uma incerteza apropriada para uma dada finalidade e obtida com métodos de medição selecionados.

EFICIÊNCIA DE UM DETECTOR

A eficiência de um detector está ligada ao tipo e à energia da radiação. Trata-se basicamente da capacidade do detector de registrar a radioatividade. Sua eficiência é definida de duas maneiras: **eficiência intrínseca** e **eficiência absoluta**.

O registro de cada radiação no detector representa um sinal, seja ele em forma de pulso, buraco, sinal de luz ou outro tipo qualquer. Leva em consideração a forma pela qual a radiação interage com o detector e dos subprodutos mensuráveis gerados.

Um detector pode ser considerado um transdutor, pois transforma um tipo de informação (radiação) em outro, que pode ser um sinal elétrico, luz, reação química, etc.

O tipo e a energia de radiação, normalmente, são fatores ligados às características intrínsecas do detector. A eficiência intrínseca pode ser escrita como:

$$\epsilon_{\text{intr}} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de sinais registrados}}{\text{N}^\circ \text{ de radiações incidentes no detector}}$$

Os fatores que influenciam a **eficiência intrínseca** do detector diferem para cada tipo. Entre eles estão o número atômico do elemento sensível do detector, estado físico do material, tensão de operação (para detectores que usam campo elétrico), sensibilidade da emulsão fotográfica (para filmes) e outros parâmetros que são ligados às características físico-químicas dos seus materiais constituintes.

A eficiência absoluta está relacionada não só com as suas características de construção, mas também com a fonte de radiação que está sendo medida, com o meio e com a geometria de medição. Pode ser escrita como:

$$\epsilon_{\text{abs}} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de sinais registrados}}{\text{N}^\circ \text{ de radiações emitidas pela fonte}}$$

Entre os fatores que influem na eficiência absoluta estão a distância do emissor, o tipo do feixe emitido (radial, colimado), o meio entre o detector e a fonte emissora, além daqueles que influenciam na eficiência intrínseca do detector.

Fonte

Equipamento ou material que emite ou é capaz de emitir radiação ionizante ou de liberar substâncias ou materiais radioativos.

FATORES QUE DEFINEM A ESCOLHA DE DETECTORES

Os fatores determinantes na escolha de detectores para proteção radiológica passam pelo tipo de radiação, intervalo de tempo de interesse, precisão, portabilidade, autonomia, finalidade e custo.

TIPO DA RADIAÇÃO

Vimos na introdução deste Guia que as radiações interagem com a matéria de várias maneiras. A escolha do detector depende do tipo de radiação que se quer medir, seja radiação eletromagnética, partículas carregadas leves, partículas carregadas pesadas ou nêutrons.

Em geral, um detector que mede com grande eficiência um determinado tipo de radiação pode ser totalmente inadequado para medir outro tipo.

Por exemplo, um detector para radiação de alta energia como os fótons não é o mais adequado para medir partículas alfa, radiação de baixa energia.

INTERVALO DE TEMPO DE INTERESSE

Algumas vezes o objetivo pretendido pode ser a medição instantânea da radiação, ou seja, o número médio de radiações em um intervalo de tempo bastante rápido.

Outras vezes a finalidade é registrar a radiação acumulada durante um período de tempo determinado, como quando é necessário marcar o tempo

de exposição de um trabalhador.

Vale ressaltar que para cada finalidade deve ser utilizado um detector apropriado.

No primeiro caso, são utilizados os detectores de leitura direta, ou ativos, tais como os detectores a gás para medição da taxa de dose, os cintilômetros, os detectores a semicondutor.

No segundo caso estão incluídos os detectores passivos, que registram os eventos e podem ser processados posteriormente, como as emulsões fotográficas, os detectores de traço, os dosímetros termoluminescentes e citogenéticos.

Outro fato importante a considerar é como a radiação é emitida. Assim, no caso de raios X gerados por tubos que dispõem somente de um sistema de retificação no circuito de saída do transformador de alta tensão, deve-se utilizar um detector integrador, uma vez que a radiação é gerada de modo pulsado.

Para uma fonte radioativa comum é melhor utilizar um medidor de taxa de exposição ou de dose, uma vez que o fluxo de radiação é praticamente contínuo.

Para medições com espectrometria gama, de soluções de amostras ambientais, em que a atividade do radionuclídeo é muito baixa, na maioria das vezes é necessário acumular um espectro por um período de várias horas, e até mesmo de vários dias, mesmo utilizando uma geometria de fonte apropriada.

PRECISÃO

Dependendo da utilização, a escolha do detector e do método de medição pode variar em relação ao grau de precisão, exatidão e resolução dos resultados desejados. Está relacionado às diversas incertezas envolvidas no processo de medição e nas outras atividades associadas.

Resultados com incertezas de 20% podem ser considerados aceitáveis em medições ambientais, contudo, para trabalhos de produção de padrões de medições de atividade, uma incerteza de 0,5% pode ser considerada muito grande.

A precisão de um dispositivo de detecção está sempre relacionada ao tipo de detector, método de medição e finalidade do exame.

CONDIÇÕES DE TRABALHO DO DETECTOR

O detector utilizado em trabalho de campo tem que ter condições de robustez, portabilidade e autonomia diferentes das necessárias aos detectores operados em ambientes controlados de laboratório.

Detectores muito sensíveis a choques mecânicos ou que sofrem influência significativa de fatores ambientais, não são recomendados para medições em unidades móveis.

Em situações extremas de ambiente, como por exemplo, dentro do circuito primário de um reator, somente detectores especiais têm condições de operar. Essas condições de operação do detector irão muitas vezes determinar os materiais utilizados em sua construção.

TIPO DE INFORMAÇÃO DESEJADA

O processamento das informações a serem colhidas depende do detector escolhido e do mecanismo pelo qual a informação é coletada.

Levando em consideração a finalidade da coleta, pode-se desejar somente informações sobre o número de contagens, ou energia da radiação detectada. Em alguns casos se busca a relação com a dose absorvida, tempo vivo de medição ou distribuição em energia.

CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS E CUSTO

Outros fatores determinantes na escolha do detector ideal para radioproteção são a simplicidade de operação, facilidade e disponibilidade de manutenção e, finalmente, o custo do detector. De maneira geral pode-se estabelecer a relação apresentada a seguir para a escolha do detector.

De todos os detectores de radiação o mais utilizado em radioproteção para monitoração de área é o Geiger Muller por poder ser construído em diversas formas, ser barato, robusto e responder rapidamente ao campo de radiação.

RADIAÇÃO	DETECTOR
Alfa	Proporcional Cintilador
Beta	Geiger Müller Proporcional Câmara de Ionização
X e Gama	Geiger Müller Câmara de Ionização Cintilador
Nêutrons Rápidos	Proporcional Câmara de Ionização
Nêutrons Térmicos	Proporcional

MONITOR DE RADIAÇÃO

O monitor de radiação é um detector construído e adaptado para radiações e finalidades específicas e deve apresentar as seguintes propriedades, regidas por normas da IEC 731 ou ISO 4037-1:

- Limite de detecção adequado;
- Precisão e exatidão;
- Reprodutibilidade e repetitividade;
- Linearidade;
- Estabilidade a curto e longo prazo;
- Baixa dependência energética;
- Baixa dependência direcional, rotacional;
- Baixa dependência dos fatores ambientais;
- Baixa dependência com a taxa de exposição.

Difícilmente um detector consegue satisfazer a todas essas características elencadas. Dessa forma, deve-se ter em mente que para cada tipo de finalidade existem atributos específicos. O mesmo ocorre para a possibilidade de introdução de fatores de correção e também para algumas características que integram o elenco de suas deficiências.

A relevância de cada grupo destes atributos depende muito do tipo de grandeza ou medição proposta na atividade. Muitas das deficiências são contornadas com a padronização do uso e do processamento dos dados experimentais.

Existem três tipos fundamentais de monitores de radiação. São eles os monitores individuais, monitores de área e monitores ambientais.

Dentre os monitores individuais mais utilizados constam o filme dosimétrico, o dosímetro termoluminescente (TLD), o de silício e o de albedo. Alguns destes dispositivos, além de alarmes para valores de taxa ou de dose acumulada, apresentam a facilidade de leitura direta, possibilidade de transmissão de dados para um sistema ou estação de monitoração.

Os monitores de área podem ser fixos ou portáteis. Dentre os monitores fixos, existem os do tipo portal, de mãos e pés, ou de medição constante da taxa de dose em determinada área.

Já os monitores utilizados na monitoração ambiental, podem ser estações de monitoração, contendo diversos dispositivos de detecção, como filtros, detectores de traço, TLD, detectores ativos.

DOSÍMETRO

É um tipo de monitor que mede determinadas grandezas radiológicas ou operacionais, mas com resultados relacionados ao corpo inteiro, órgão ou tecido humano.

Além das propriedades gerais de um monitor de radiação o dosímetro deve ter as seguintes características:

- Resultados em dose absorvida ou dose efetiva (ou taxa);
- Ser construído com material tecido-equivalente;
- Possuir fator de calibração bem estabelecido;
- Suas leituras e calibrações são rastreadas a um laboratório nacional e à rede do BIPM(International Bureau of Weights and Measures);

- Incertezas bem estabelecidas e adequadas para sua aplicação;
- Modelo adequado para cada aplicação;
- Modelo adequado para cada tipo e intensidade de feixe.

O dosímetro pode ser utilizado em medições absolutas, como por exemplo, em câmaras de ar livre, câmaras cavitária de grafite ou câmaras de extrapolação.

Nas medições relativas, onde é necessário conhecer o fator de calibração (rastreamento metrológico), são muito utilizadas as câmaras tipo dedal para fótons e elétrons, câmaras de placas paralelas para raios X de baixa energia e elétrons de alta energia, as câmaras esféricas de grande volume para proteção radiológica.

Estes modelos descritos podem atuar como padrões de laboratórios, sendo usados em clínicas de radioterapia ou para dosimetria de feixes ou de indivíduos.

CALIBRAÇÃO DOS MONITORES

Todo monitor de radiação deve ser calibrado anualmente, conforme determinado pela CNEN, através de seus laboratórios credenciados. Também é necessário refazer a calibração caso o monitor de radiação sofra qualquer tipo de dano ou manutenção (preventiva e/ou corretiva).

Após a calibração, o certificado emitido deverá estar disponível para fins de inspeções e auditorias.

CALIBRAÇÃO DE DETECTORES: RASTREABILIDADE

Por causa das propriedades e efeitos biológicos das radiações ionizantes, os resultados das medições das chamadas grandezas radiológicas devem ser extremamente confiáveis. Esta credibilidade necessária é difícil de se obter. A quantidade de grandezas radiológicas utilizadas nas diversas aplicações das radiações ionizantes é grande. Também existe uma expressiva variedade de radiações e energias produzidas pelos vários radioisótopos e dispositivos geradores de radiações.

Os detectores que são utilizados em campo tendem a sofrer alterações em seu funcionamento e devem ser calibrados de tempos em tempos. A periodicidade da calibração de detectores é definida pelos órgãos reguladores. Tudo para manter suas propriedades de medição devidamente calibradas.

A calibração de detectores é feita comparando-se suas características de medição com aparelhos padrões nacionais, sob condições rigorosamente controladas. Essas condições são estabelecidas nos laboratórios da rede de calibração, os quais são rastreados ao sistema internacional de

metrologia, por meio de calibrações frequentes dos padrões nacionais em relação aos internacionais, programas de comparação interlaboratorial e de manutenção de padrões.

Lembre-se: como a calibração de detectores é feita com feixes de radiação e energias especificados e padronizados, a utilização de um detector para condições diferentes daquelas em que foi calibrado só pode ser feita com a utilização de fatores de conversão adequados.

INCERTEZAS ASSOCIADAS ÀS MEDIÇÕES

Em todas as medições de uma grandeza o resultado deve ser expresso pelo valor obtido, com sua respectiva unidade, acompanhado do valor da incerteza expressa com um determinado intervalo de confiança. Isto significa que, um resultado de medição sem a sua incerteza não possui valor e nem qualidade metrológica.

A origem da incerteza está acoplada à precisão dos equipamentos, repetitividade e reprodutibilidade das medições e, quando comparada com um padrão, à exatidão e rastreabilidade. As principais propriedades de um detector.

Para cada tipo de aparelho e aplicação técnica existe uma faixa apropriada ou aceitável do valor da incerteza da grandeza medida. Por exemplo, na determinação de uma taxa de dose efetiva em um programa de monitoração ambiental, um valor entre 10% e 20% já é considerado muito bom. Enquanto que em uma calibração absoluta da Atividade, com valor de 0,5%, o valor de incerteza é considerado elevado para determinados radionuclídeos.

Assim, em todas as medições, principalmente as mais complexas e importantes, além dos registros dos valores das medições, uma planilha contendo os diversos componentes de incerteza, com seus respectivos valores, deve estar sempre acompanhada de seus devidos resultados.

Além das incertezas determinadas para cada “ponto” de medição, existem as contribuições das incertezas devidas aos ajustes, extrapolações e interpolações, com inclusão das incertezas experimentais, propostos pelos métodos de medição utilizados.

Para determinar, propagar, classificar e compor os diversos tipos de incerteza, os operadores devem seguir os procedimentos do Guia para a Expressão da Incerteza de Medição estabelecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) no Brasil, após padronização internacional pela International Organization for Standardization (ISO), na publicação Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement em 1995.

AFERIÇÃO

A aferição é um processo complementar à calibração, o qual utiliza uma fonte de teste para garantir que a calibração mantenha-se estável ao longo do uso. Deve ser realizada sempre antes de cada uso do equipamento monitor de radiação ou, no mínimo, uma vez ao mês, tendo validade anual.

PROCEDIMENTO PARA AFERIÇÃO

1º PASSO

- Preencher o formulário de aferição com os dados do monitor e da micro fonte.

2º PASSO

- Tirar a média de 10 medições para o valor de referência.
- Estabelecer valores de mínimo (-10%) e máximo (+10%) em relação ao valor de referência para ser o intervalo de aceitação.

3º PASSO

- Registrar valores no formulário de aferição, indicando visualmente a geometria utilizada como referência.

4º PASSO

- Realizar leitura única, sempre antes de cada uso ou, no mínimo, uma vez ao mês.
- O valor obtido deve ser registrado e estar dentro do intervalo de aceitação.

IMPORTANTE

O Background local deverá ser anotado e, seu valor descontado tanto do valor de referência quanto das medições dos valores "mínimo" e "máximo".

MEDIÇÃO DIRETA E INDIRETA

Medição direta

Para determinar a contaminação de superfícies pela medida direta são utilizados sistemas de monitoração, por meio de detectores de contaminação de superfícies.

As medições devem ser realizadas com instrumentos calibrados e levando-se em conta a variação das eficiências de detecção em função dos contaminantes (radionuclídeos) Encontrados.

Os instrumentos utilizados, geralmente, apresentam o resultado em contagem por minuto (COM) ou contagem por segundo(CPS).

Alguns instrumentos podem ser programados com a eficiência a ser utilizada de um dado radionuclídeos, obtendo-se a medida diretamente da contaminação (Bq/cm²).

Os resultados finais obtidos em CPM e CPS necessitam ser convertidos para Bq/cm².

Medição indireta (esfregaços)

Medições indiretas podem ser obtidas através da coleta de amostras de esfregaços, estas amostras deverão ter sua avaliação realizada através de sistemas compostos pelos seguintes equipamentos: contadores alfa e beta total e sendo seus resultados reportados também em Bq/cm².

TREINAMENTOS

Antes do início de qualquer tarefa ou operação onde exista o risco de incrustação TENORM, qualquer pessoal envolvido ou potencialmente afetado pelo trabalho deve fazer treinamento de proteção radiológica para conhecer os perigos das radiações ionizantes. Todo o treinamento será coordenado e conduzido pelo Supervisor de Radioproteção.

O treinamento em radioproteção será dividido em 2 módulos, um específico para os supervisores, técnicos em segurança do trabalho e superintendentes e, outro destinado aos trabalhadores que atuarão na descontaminação e outras atividades praticadas por terceiros .

O treinamento em radioproteção Módulo 1 deverá ter carga horária mínima de 16 horas, sendo válido pelo período de 2 anos. Após este período, deverá ser realizado um treinamento de reciclagem, cuja carga horária será de 8 horas.

O conteúdo mínimo que deverá ser abordado no treinamento é:

- Principais tipos e riscos das radiações ionizantes;
- Procedimentos para vestir e despir EPIs;
- Forma de uso e de remoção de proteção respiratória;
- Barreira de controle e sinalização;
- Procedimentos específicos nas áreas supervisionadas e controladas;
- Controle de resíduos;
- Procedimentos de descontaminação pessoal e de equipamentos.

O treinamento em radioproteção Módulo 2, por ter caráter apenas de orien-

tação para os trabalhadores que serão acompanhados durante as tarefas, terá carga horária de 4 horas com conteúdo resumido, sendo válido por 1 ano. Após este período deverá ser realizado uma reciclagem de 2 horas.

O conteúdo mínimo que deverá ser abordado no treinamento Módulo 2 é:

- Principais tipos e riscos das radiações ionizantes;
- Procedimentos para vestir e despir EPIs;
- Forma de uso e de remoção de proteção respiratória;
- Barreira de controle e sinalização;
- Procedimentos específicos nas áreas supervisionadas e controladas;

Só será permitido acesso aos locais contendo materiais TENORM aos que tiverem realizado o treinamento em radioproteção.

Antes da execução de qualquer serviço onde houver suspeita de incrustação NORM, o Supervisor de Proteção Radiológica, usando um monitor de radiação (recomenda-se o uso de sondas por Cintilação), devidamente calibrado e aferido, realizará uma verificação quanto a existência de incrustações e, após identificar os pontos de maior atividade, medirá as taxas de exposição. É necessário, também, a coleta de amostras para análise laboratorial de quantificação e qualificação dos isótopos formadores do NORM.

Registros dos equipamentos aferidos e das leituras obtida no campo diariamente serão mantidos pelo gerente de SMS e Consultor de Proteção Radiológica.

Para esta atividade é obrigatório o uso de dosímetro pessoal individual, por

cada um dos trabalhadores em atividades envolvendo NORM, para medir a dose de radiação recebida. O número de pessoas envolvidas em qualquer operação onde pode ocorrer contato com incrustação NORM deverá ser mínimo, mantendo níveis de guarnição de pessoal normais apropriados para operação eficiente.

O pessoal exposto a incrustações de NORM, dependendo do nível de radiação medido, pode ter de usar o seguinte Equipamento de Proteção Individual, com Certificado de Aprovação – CA do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE.

- Macacão de peça única com capuz lavável;
- Equipamento de respiração de padrão P3, pelo menos;
- Botas de borracha;
- Luvas de borracha;
- Capacete de segurança;
- Proteção ocular (Óculos de Segurança de acordo com a atividade);
- Equipamento de respiração – Ar mandado (espaço confinado);
- Protetor auditivo, simples ou duplo dependendo do Nível de Pressão Sonora.

CHECK-LIST PARA MONITORAÇÃO NORM

Monitoração NORM

A monitoração NORM é um procedimento de rotina anual, realizado com o objetivo de identificar eventuais incrustações de material radioativo nas linhas de produção de um ativo.

Seu risco está diretamente associado à presença e concentração do material radioativo, caso exista. Esta avaliação será realizada utilizando monitores específicos para radiação ionizante.

Todos que atuarem diretamente nesta atividade devem ter treinamento básico em radioproteção com ênfase em NORM, ter proficiência no uso dos monitores de radiação, portar dosímetro pessoal e utilizar EPIs condizentes com o risco local.

Etapas Pré Serviço

- 1º- Designar equipe responsável pela monitoração, a qual deve ter sido treinada e estar capacitada para desenvolver esta atividade;
- 2º- Providenciar monitores de radiação adequados à atividade, verificando a validade de sua calibração e suas condições operacionais;
- 3º- Realizar a aferição dos monitores de radiação, conforme procedimento específico, registrando o resultado no controle correspondente;
- 4º- Identificar os EPIs necessários para acessar a área onde as monitorações serão realizadas (trabalho em espaço confinado, trabalho em altura, outros). Os EPIs devem considerar o risco local;

5º- Separar itens para isolamento e sinalização das áreas que serão monitoradas (corda ou fita zebra ou grade ou outro tipo de barreira física, placas contendo o símbolo internacional de radiação ionizante), para o caso de haver níveis de exposição acima dos limites CNEN;

6º- Providenciar que cada envolvido esteja portando seu dosímetro pessoal;

7º- Providenciar os relatórios para controle da monitoração, identificando cada um dos pontos que serão monitorados;

8º- Providenciar caneta permanente (ou outro tipo de marcador) para identificação dos pontos monitorados;

Procedimento

1º- Aproximar-se do local onde será realizada a medição com o monitor de radiação já devidamente ligado;

2º- Traçar uma malha com interseções à cada 10 cm, em toda a extensão da linha ou peça a ser monitorada;

3º- Realizar a monitoração em cada um dos pontos da malha traçada, classificando os resultados conforme níveis de dose pré-estabelecidos;

4º- Caso o ponto monitorado não apresentar leituras acima dos limites críticos, o local pode ser considerado como não contaminado;

5º- Registrar os valores encontrados, referenciando os pontos exatos onde foram medidos no controle de monitoração;

6º- Caso o ponto monitorado apresentar leituras acima dos limites críticos, este ponto deverá ser marcado com caneta permanente (ou outra forma de marcação);

7º- Isolar a área conforme limite de taxa de dose/hora para público (CNEN);

8º- Anotar valores no controle de monitoração, identificando o ponto exato onde os níveis de radiação estejam acima do limite crítico;

9º- Comunicar o quanto antes ao Supervisor de Radioproteção ou funcionário designado responsável pela atividade, sobre as medições elevadas;

10º- Manter o isolamento e sinalização do local até que haja descontaminação;

11º- Após finalizar a atividade, entregar os controles de monitoração ao Supervisor de Radioproteção ou funcionário designado responsável pela atividade, para que seja calculada a dose recebida durante a atividade realizada;

12º- Retornar o dosímetro pessoal ao local de guarda;

REFERÊNCIAS

Norma CNEN-NN-3.01 – Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica

Norma CNEN-NE-3.02 – Serviços de Radioproteção

Norma CNEN-NN-6.02 – Licenciamento de Instalações radioativas (Resolução CNEN 166/14)

Resolução CNEN Nº 167/14

Norma CNEN-NN-8.01 – Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação

Norma CNEN-NE-5.01 – Transporte de Materiais Radioativos

Ministério do Trabalho e Emprego – NR-7

NBR-7500 – Identificação para o Transporte Terrestre, Manuseio, Movimentação e Armazenamento de Produtos

Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments – Safety Report Series Nº 6

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

EPA - United States Environmental Protection Agency

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

IAEA - International Atomic Energy Agency

UNEP - United Environment Programme

UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

Quer fazer sua Radioproteção com a LinceRadio?

Fale agora com um consultor

Estamos ajudando a construir um Brasil onde a segurança das pessoas e a operação eficiente das instalações industriais são dois lados da mesma moeda.

Da burocracia documental até a execução dos serviços obrigatórios, descomplicamos sua relação com a Radioproteção e exigências regulatórias da CNEN.

A Lince Radioproteção é resultado de mais de 30 anos de experiência do grupo Lince na fabricação e operação de fontes radioativas, sem qualquer acidente ou autuação pela CNEN. É esse modelo de gestão que levamos à sua empresa.

Para empresas que levam a sério a segurança e saúde de seus funcionários, somos a maior e melhor empresa de Radioproteção do Brasil.

Visite nosso site e conheça nossas soluções customizadas para a sua operação.

