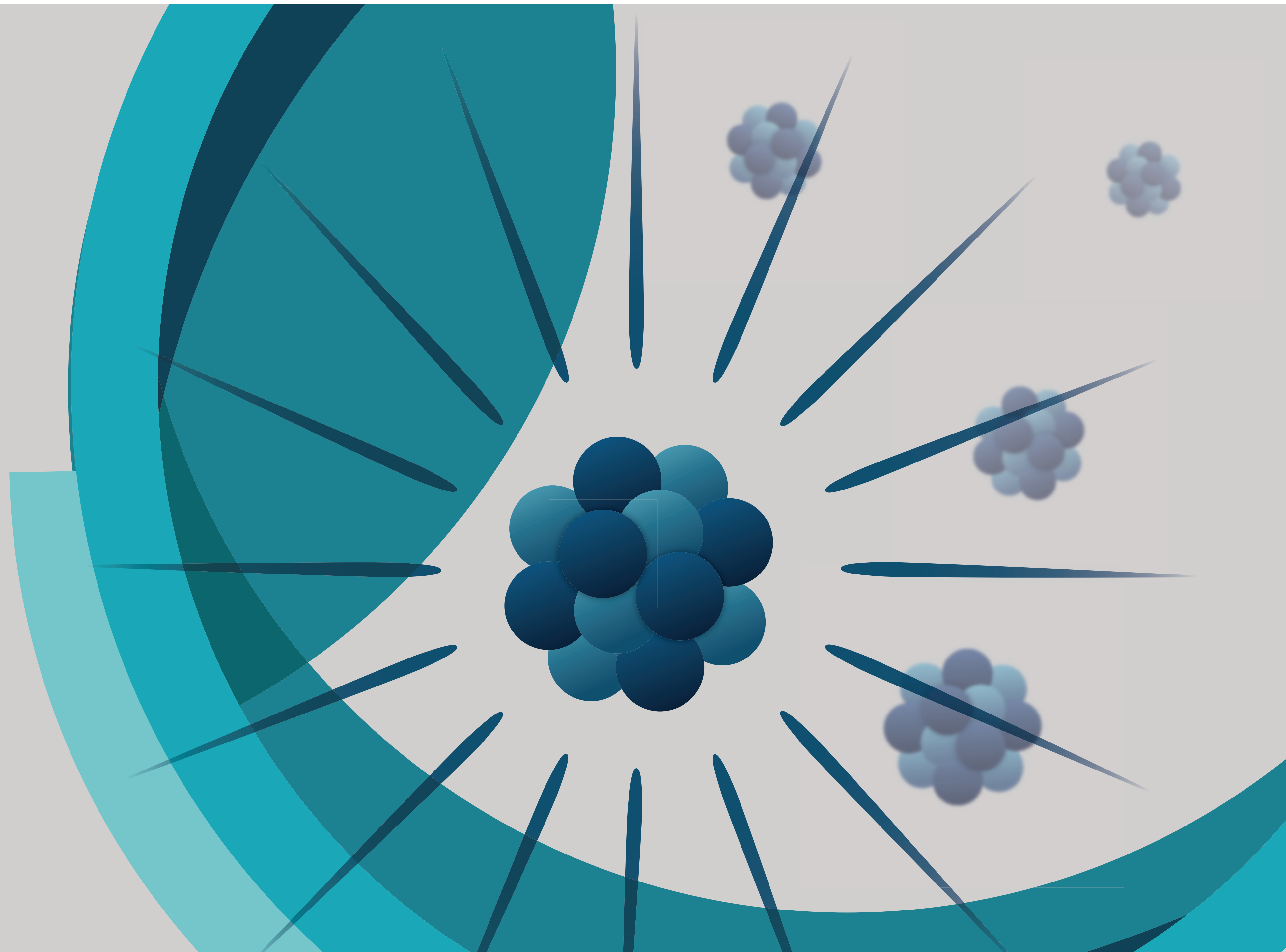


Caderno de
Boas Práticas de E&P

Diretrizes para Gerenciamento de Materiais Radioativos de Ocorrência Natural (NORM)

—



**IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo,
Gás e Biocombustíveis**

Diretora-Presidente
Clarissa Lins

Secretária-geral
Cristina Pinho

Secretário Executivo de E&P
Antonio Guimarães

Gerência Executiva de SMS e Operações
Carlos Henrique Abreu Mendes
Maria Augusta Nogueira

Comitê de HSE
Coordenadora – Joana Carvalho Neto
Vice coordenador – Anderson Cantarino

**O Grupo de Trabalho para elaboração destas
diretrizes foi composto dos seguintes membros:**

Adelci Almeida de Mello Junior

Ana Paula Guimarães Pereira
(Coordenadora)

Daniela Dias de Oliveira

Elaine Goverman Seligmann

Gustavo Henrique Ribeiro Gomes

Heloisa Misae Tavares de Oliveira

Leandro Rodrigues
(Vice-coordenador)

Marcelo Macedo Valinhas

Marcio Rangel

Thays Paes Cabral Amaro

FICHA CATALOGRÁFICA

I59	Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
	Diretrizes para gerenciamento de materiais radioativos de ocorrência natural (NORM) / Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. – Rio de Janeiro: IBP, 2019. Livro digital : il. color. ; PDF. – (Caderno de boas práticas de E&P)
	Modo de acesso: https://www.ibp.org.br/material/publicacoes/caderno-de-boas-praticas-de-ep-2/
	1. Petróleo 2. Exploração 3. Produção 4. Substâncias radioativas I. IBP II. Associação Brasileira de Empresas de Exploração e Produção de Petróleo CDU 622.338

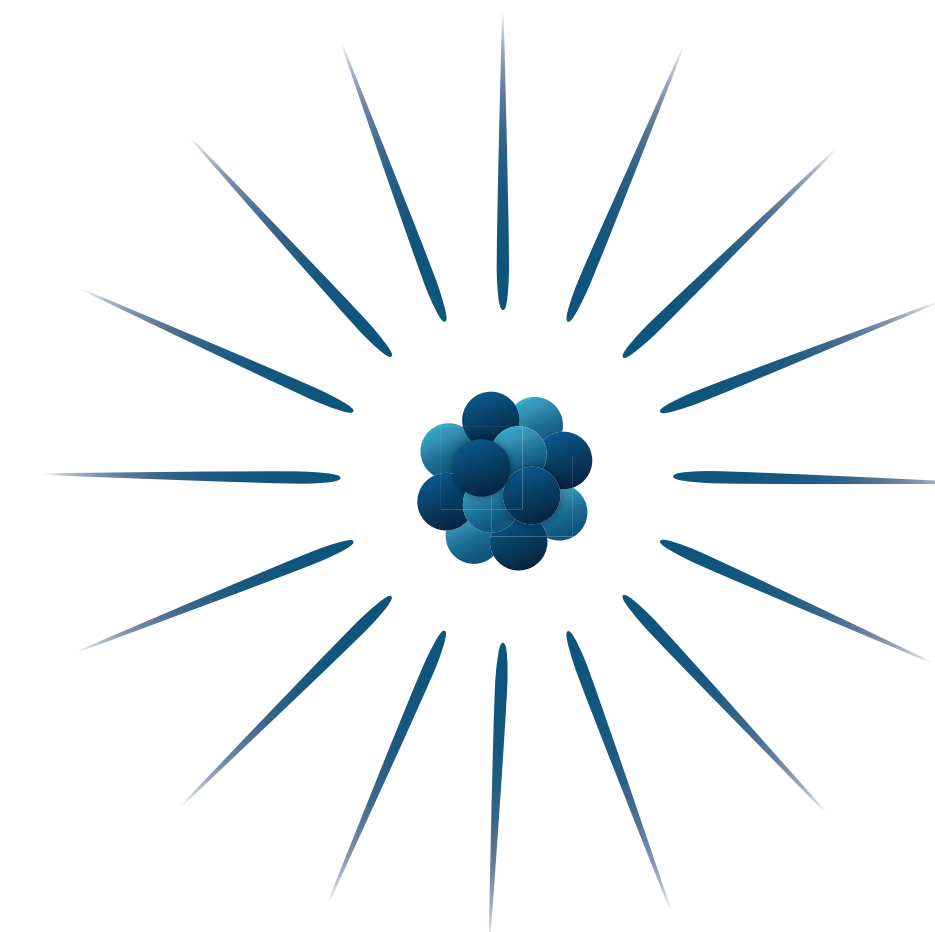
APRESENTAÇÃO

O Comitê de Saúde, Segurança e Meio Ambiente (Health, Safety & Environment Committee) do IBP está ligado à Gerência Executiva de SMS e Operações do setor de exploração e produção. Assim como os outros comitês do instituto, é composto por funcionários das empresas associadas de petróleo e gás, que debatem diversos temas de interesse do setor ligados às áreas de licenciamento ambiental, resposta à emergência para derramamento de óleo no mar, segurança operacional e saúde do trabalhador.

A partir do primeiro semestre de 2019, o comitê instituiu o grupo de trabalho sobre Materiais Radioativos de Ocorrência Natural (GT NORM) que tem como objetivo principal prover informações e orientações gerais para o gerenciamento seguro desses materiais, bem como sugerir boas práticas sobre o tema, visando a segurança e a proteção radiológica dos trabalhadores, de indivíduos do público e do meio ambiente dos efeitos nocivos da radiação ionizante relacionados ao NORM. A discussão e engajamento com o setor público são parte fundamental para o sucesso do grupo, assim como propostas de pesquisas a serem desenvolvidas e a participação da academia.

Depois da realização de uma série de reuniões, o grupo conseguiu consolidar e alinhar o que é prática da indústria no Brasil com relação ao tema deste caderno e o que no mundo poderia ser adaptado para a realidade brasileira. Revisões estão previstas sempre que necessárias.

Após aprovação do Caderno pelo Comitê de Saúde, Segurança e Meio Ambiente, boas práticas contidas neste documento estão disponíveis para servir de auxílio às operadoras associadas do IBP. Seu objetivo é prover orientações sobre o gerenciamento de NORM, visando a segurança e a proteção radiológica de trabalhadores, indivíduos do público e do meio ambiente dos efeitos nocivos da radiação ionizante relacionadas às atividades do setor.



LISTA DE FIGURAS

- 7 Figura 1:** Ilustração comparativa das radiações Alfa, Beta e Gama. Fonte: *Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil and gas industry*, publicado pela IOGP.
- 8 Figura 2:** Exemplo de borra oleosa acumulada no fundo de um tanque.
- 9 Figura 3:** Esquemático com sinalização de potenciais locais no processo produtivo onde pode ser encontrado NORM. Fonte: ADAPTADO. *Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil and gas industry*, publicado pela IOGP.
- 10 Figura 4:** Ilustração dos meios de exposição à radiação NORM: irradiação e contaminação. Fonte: *Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil and gas industry*, publicado pela IOGP.
- 11 Figura 5:** Esquema genérico de gerenciamento de NORM. Fonte: ADAPTADO. *Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil and gas industry*, publicado pela IOGP.
- 13 Figura 6:** Esquema de classificação de áreas. Fonte: Adaptado da Norma CNEN 3.01.
- 15 Figura 7:** Ciclo de gerenciamento de borra oleosa.
- 15 Figura 8:** Ciclo de gerenciamento de incrustação.
- 16 Figura 9:** Exemplo de borra oleosa acondicionada em sacos plásticos, e dentro de bombona plástica.
- 16 Figura 10:** Exemplo de tubulação com incrustação fechada com protetor.
- 17 Figura 11:** Exemplo de armazenamento de tambores a bordo da unidade marítima.
- 18 Figura 12:** Exemplo de sinalização de caminhão para transporte.
- 18 Figura 13:** Exemplo de sinalização de embalado spill drum para transporte.

LISTA DE TABELAS

- 8 Tabela 1:** Concentrações de radionuclídeos componentes do NORM por tipo de material acumulado.
- 9 Tabela 2:** Principais locais com ocorrência de acúmulos com presença de NORM.
- 13 Tabela 3:** Limites de dose anuais
- 17 Tabela 4:** Número de amostras por número de bombonas / tambores.

SUMÁRIO



2	APRESENTAÇÃO	15	7	GERENCIAMENTO DO REJEITO NORM
3	LISTA DE FIGURAS	16	7.1	Classificação dos rejeitos
3	LISTA DE TABELAS	16	7.2	Plano de Gerência de Rejeitos Radioativos (PGRR)
4	1 INTRODUÇÃO	16	7.3	Segregação, acondicionamento e identificação dos rejeitos
5	2 DEFINIÇÕES, SIGLAS E ABREVIATURAS		7.4	Permanência temporária a bordo da unidade marítima
6	3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA E LEGISLAÇÃO	17	7.5	Depósito inicial
7	4 GERAÇÃO DE NORM NA INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS	17	7.6	Amostragem do rejeito
7	4.1 Características da radiação	17	7.7	Análise laboratorial e resultados
7	4.2 Origem dos radionuclídeos de ocorrência natural	17	7.8	Dispensa de rejeitos
8	4.3 Ocorrência de NORM no processo produtivo	17	7.9	Transporte de rejeitos
9	4.4 Riscos à saúde dos trabalhadores	18	7.10	Tratamento de rejeitos
10	4.5 Riscos de exposição do meio ambiente	18	7.11	Registro e inventário de rejeitos
11	5 CICLO DE GERENCIAMENTO DO NORM	18	8	RESPOSTA A SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA
12	6 ATIVIDADES DE RADIOPROTEÇÃO	19		ANEXO 1
12	6.1 Serviço de radioproteção	20		Ficha de identificação de rejeitos radioativos NORM
12	6.2 Responsabilidades em proteção radiológica	20		ANEXO 2
12	6.3 Procedimentos para trabalho seguro	20		Ficha de levantamento radiométrico em local de armazenamento de NORM
12	6.4 Controle da exposição ocupacional dos trabalhadores	20		ANEXO 3
12	6.5 Controle da dose ocupacional dos trabalhadores	21		Inventário de materiais radioativos de origem natural
13	6.6 Classificação e controle de áreas	21		
14	6.7 Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)	21		
14	6.8 Capacitação e treinamento dos trabalhadores			
14	6.9 Controle dos equipamentos medidores de radiação			
14	6.10 Controle documental			

1 INTRODUÇÃO

Este caderno foi elaborado em consonância com os requisitos estabelecidos nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Escola Nacional de Inspeção do Trabalho (ENIT) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Além disso, esse documento também é consonante com os requisitos legais brasileiros.

O presente documento se aplica ao gerenciamento de NORM na indústria de óleo e gás desde sua geração até a sua devida destinação, e o seu objetivo é descrever as diretrizes mínimas para gestão de NORM. Tais diretrizes devem estar:

- » Detalhadas em procedimentos para garantir que a monitoração, manuseio, coleta de amostras, transporte, armazenagem e destinação de materiais contaminados por NORM sejam feitos de maneira eficaz e segura;
- » Divulgadas para que, no caso de ocorrência de NORM, os materiais sejam gerenciados de acordo com as diretrizes de segurança e proteção radiológica dos trabalhadores, indivíduos do público e do meio ambiente, estabelecidas na normativa nacional.

Desta forma, este documento fornece orientações e define as funções pessoais e organizacionais responsáveis pela implementação de medidas para possibilitar um gerenciamento de resíduos seguro e sustentável. **Está estruturado nas seguintes seções:**

- i. Geração de NORM na indústria de óleo e gás, onde são apresentadas as características da radiação ionizante, a origem dos radionuclídeos de ocorrência natural, a ocorrência de NORM no processo produtivo e os riscos à saúde dos trabalhadores e de exposição do meio ambiente.
- ii. Ciclo de gerenciamento NORM, onde é apresentado o que a gestão de NORM deve considerar e menciona que o plano para gerenciamento NORM deve ser elaborado quando a sua presença é esperada ou possível nas operações de produção de óleo e gás.
- iii. Atividades de radioproteção, onde são apresentados tópicos relacionados à proteção radiológica, de modo a garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos na atividade, do público e do meio ambiente.
- iv. Gerenciamento do rejeito NORM, onde são apresentados tópicos relacionados ao gerenciamento do material de modo a monitorar e controlar o risco de forma adequada e proporcional.
- v. Resposta a situações de emergência, onde são apresentados os possíveis cenários acidentais com NORM e os procedimentos a serem realizados caso aconteça uma situação emergencial.

2 DEFINIÇÕES, SIGLAS E ABREVIATURAS

Armazenamento: Confinamento de rejeitos radioativos por um período definido.

CGMI: Coordenação Geral de Instalações Médicas e Industriais.

CNEN: Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Deposição: Colocação de rejeitos radioativos em instalação licenciada pelas autoridades competentes, sem a intenção de removê-los.

Depósito final ou Repositório: Instalação licenciada pelas autoridades competentes e destinada à deposição dos rejeitos, em observância aos critérios estabelecidos pela CNEN, os rejeitos radiotioativos provenientes de armazenamentos iniciais, depósitos intermediários e depósitos provisórios.

Depósito inicial: Depósito destinado ao armazenamento de rejeitos radioativos até o seu descarte ou a sua transferência. O depósito inicial pode ser parte de uma instalação nuclear ou radiativa.

Depósito intermediário: Instalação licenciada pelas autoridades competentes e destinada a receber e, eventualmente, tratar e/ou acondicionar rejeitos radioativos até seu descarte ou remoção para o Repositório.

Depósito provisório: Instalação destinada a abrigar rejeitos radioativos provenientes de áreas atingidas por acidentes com materiais radioativos até sua transferência para outro depósito, observando-se os requisitos de segurança estabelecidos pela CNEN.

DIREJ: Divisão de Rejeitos.

DRS: Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear.

Embalado: O conjunto formado pela embalagem e pelo seu conteúdo de rejeito.

Embalagem: Recipiente fechado, com ou sem revestimento interno, que tem a finalidade de permitir o transporte e o armazenamento do produto e, se necessário, servir de barreira de engenharia com o objetivo de blindar a radiação e/ou reter radionuclídeos.

FPSO: *Floating Production Storage and Offloading.*

Gerência de Rejeitos Radioativos (GRR): Conjunto de atividades administrativas e técnicas envolvidas na coleta, segregação, manuseio, tratamento, acondicionamento, transporte, armazenamento, controle e deposição de rejeitos radioativos.

IAEA: *International Atomic Energy Agency.*

IBAMA: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

IN: Instrução Normativa.

Indivíduo do Público (IP): Qualquer membro da população quando não submetido à exposição ocupacional ou exposição médica.

Indivíduo Ocupacionalmente Exposto (IOE): Indivíduo sujeito à exposição ocupacional.

Instalação Radiativa: Estabelecimento ou instalação onde se produzem, utilizam, transportam ou armazenam fontes de radiação. Excetuam-se desta definição:

- as instalações nucleares;
- os veículos transportadores de fontes de radiação, quando estas não são partes integrantes deles.

IOGP: *International Association of Oil & Gas Producers.*

IRD: Instituto de Radioproteção e Dosimetria.

ME: Ministério da Economia.

Monitoração: Medição de grandezas e parâmetros para fins de controle ou de avaliação da exposição à radiação, incluindo a interpretação dos resultados.

NE: Norma Experimental.

NN: Norma Nuclear.

NORM: *Naturally Occurring Radioactive Material.*

NR: Norma Regulamentadora.

NRS: Nível de Radiação em Superfície.

PCMSO: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.

Plano de Gerência de Rejeitos Radioativos: Documento exigido para fins de licenciamento do processo de gerenciamento de rejeitos radioativos, que estabelece as ações administrativas e operacionais desde a segregação do material até a sua destinação.

PPRA: Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.

Prática: Toda atividade humana que introduz fontes de exposição ou vias de exposição adicionais ou estende a exposição a mais pessoas, ou modifica o conjunto de vias de exposição devida a fontes existentes de forma a aumentar a probabilidade de exposição de pessoas ou o número de pessoas expostas.

Radiação de background (BG) ou Radiação de fundo: É a quantidade de radiação ionizante presente no ambiente em determinado local e não decorrente da presença de fontes radioativas.

Rejeito radioativo: Qualquer material resultante de atividades humanas, que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção de acordo com as Normas da CNEN, e, para o qual, a reutilização é imprópria ou ainda não prevista.

SR: Serviço de Radioproteção. Também "serviço de proteção radiológica". Estrutura constituída especificamente com vistas à execução e manutenção do plano de proteção radiológica de uma instalação. Esta denominação não tem caráter obrigatório.

SIT: Secretaria de Inspeção do Trabalho.

Supervisor de Proteção Radiológica (SPR): Indivíduo com habilitação de qualificação emitida pela CNEN, no âmbito de sua atuação, formalmente designado pelo titular da instalação para assumir a condução das tarefas relativas às ações de proteção radiológica na instalação relacionadas àquela prática.

Tratamento de rejeitos: Qualquer operação ou procedimento que modifique as características originais dos rejeitos, visando aumentar a segurança e minimizar os custos das etapas posteriores de sua gerência.

3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA E LEGISLAÇÃO

ALVES, Mara Régia Falcão Vianna. *Opções tecnológicas para deposição de TENORM na indústria de exploração e produção de petróleo no Brasil.* Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Sergipe, 2012.

ANTT Resolução nº 420, 12 de fevereiro de 2004. *Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.*

ASTM D4057. *Standard Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products.*

BRASIL. Decreto-lei nº 96.044, de 18 de maio de 1988. Aprova o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e dá outras providências. Lex: coleção de Leis do Brasil – 1988, página 189 Vol. 4.

CNEN Glossário de Segurança Nuclear.

CNEN NN 3.01. *Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica.*

CNEN NE 3.02. *Serviços de Radioproteção.*

CNEN NE 5.01. *Transporte de Materiais Radioativos.*

CNEN NN 8.01. *Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação.*

CNEN NN 8.02. *Licenciamento de depósitos de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação.*

International Atomic Energy Agency. *Management of NORM residues.* Vienna, Austria, 2013.

International Atomic Energy Agency. *Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil & Gas Industry.* Safety Reports Series No. 34. Vienna, Austria, 2003.

IBAMA IN 19/2018. *Licenciamento Ambiental de Instalações Radiativas.*

International Association of Oil & Gas Producers. *Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil and gas industry.* Report 412, 2016.

Lei nº. 10.308/2001. *Seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos, e dá outras providências.*

ME/SIT Norma Regulamentadora 4. *Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho.*

ME/SIT Norma Regulamentadora 7. *Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.*

ME/SIT Norma Regulamentadora 9. *Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.*

ME/SIT Norma Regulamentadora 15. *Atividades e Operações Insalubres*

ME/SIT Norma Regulamentadora 34. *Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria de Construção, Reparação e Desmonte Naval.*

ME/SIT Norma Regulamentadora 37. *Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo.*

Norma ABNT NBR 10004:2004. *Resíduos sólidos – Classificação.*

Norma ABNT NBR 10007:2004. *Amostragem de resíduos.*

Norma ABNT NBR 14883:2005. *Petróleo e Produtos do Petróleo. Amostragem Manual.*

Norma ABNT NBR 16725:2014. *Ficha com dados de segurança de resíduos químicos (FDSR) e rotulagem.*

Nota Técnica Conjunta IBAMA-CNEN 01/2013. *Base para a reformulação do termo de referência para o controle da atividade de transporte de materiais radioativos e operacionalização do sistema nacional de transporte de produtos perigosos.*

Posição Regulatória 3.01/004:2011. *Restrição de dose, níveis de referência ocupacionais e classificação de áreas.*

Posição Regulatória 3.01/008:2011. *Programa de Monitoração Radiológica Ambiental.*

Posição Regulatória 3.01/009:2011. *Modelo para a elaboração de relatórios de Programa de Monitoração Radiológica Ambiental.*

REIS, Rócio Glória dos. **NORM: Guia Prático.** Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Primeira edição, dezembro de 2016.

TAHUATA, Luiz, et al. *Radioproteção e dosimetria: fundamentos.* Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear. 10ª revisão, Abril 2014.

XAVIER, Ana Maria, et al. *Princípios básicos de segurança e proteção radiológica.* Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Quarta edição, julho 2014.

4 GERAÇÃO DE NORM NA INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS

Materiais radioativos de ocorrência natural – chamados NORM, acrônimo em inglês para “Naturally Occurring Radioactive Material” – são materiais que não contêm quantidades significativas de radionuclídeos, exceto os radionuclídeos de origem natural (das séries do decaimento do Urânio e do Tório). A definição exata de “quantidades significativas” é uma decisão regulatória. NORM pode ser encontrado no subsolo rochoso e trazido à superfície durante a exploração e produção de óleo e gás.

Apesar de estar presente em outras indústrias, o NORM tratado neste documento é originado exclusivamente durante a exploração e produção de óleo e gás natural.

4.1 Características da radiação

Radiação ionizante é o nome dado à energia liberada por elementos químicos que possuem instabilidade em seu núcleo. A liberação dessa energia pode acontecer sob a forma de partículas ou ondas eletromagnéticas.

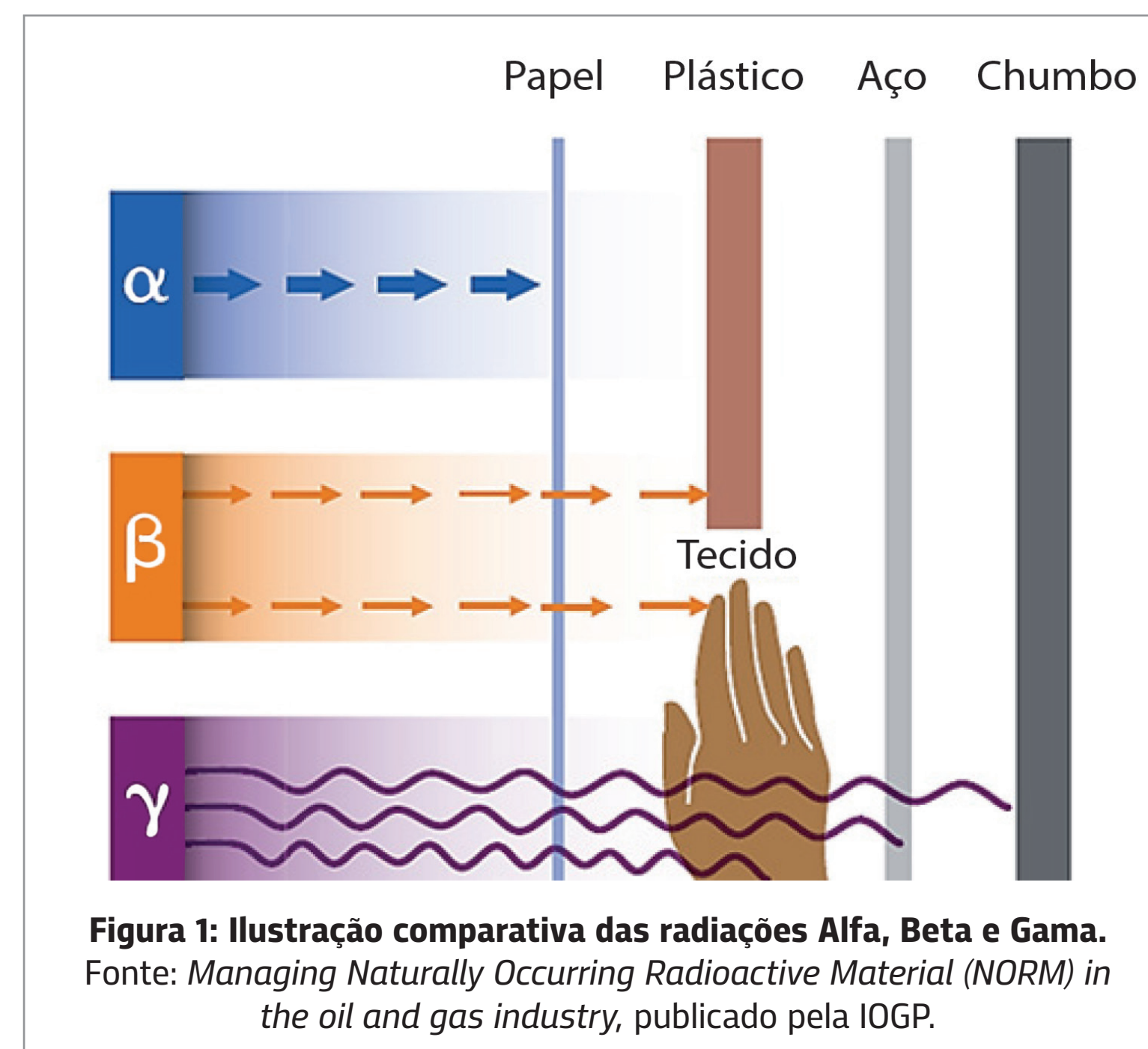
Existem três tipos principais de emissões radioativas, descritas a seguir:

1. Radiação Alfa (α) é a energia na forma de dois prótons e dois nêutrons que são ejetados do núcleo de um átomo. As partículas alfa são relativamente grandes, com potencial limitado de penetração (2 cm no ar ou 10 μ m em tecido humano). Podendo ser bloqueada por uma folha de papel, luvas e macacão.
2. Radiação Beta (β) é a energia sob a forma de um elétron ejetado (partícula beta). Uma partícula beta é relativamente pequena, com uma velocidade que depende do seu nível de energia. A capacidade de penetração de uma partícula beta é determinada pela sua

velocidade. Geralmente, esse poder é bastante baixo (1 m no ar 1 mm em tecido humano). Podendo ser bloqueada por uma folha de alumínio, aço ou plástico (luvas e macacão não bloqueiam).

3. Radiação Gama (γ) é a radiação na forma de uma onda eletromagnética. Estas ondas são pequenas e se movem à velocidade da luz. Devido a essas qualidades, a radiação Gama possui maior poder de penetração (indefinido no ar). Podendo apenas ser bloqueada por material denso, como o chumbo por exemplo.

Um resumo esquemático das informações apresentadas pode ser observado na Figura 1.



Destaca-se que a radiação ionizante não pode ser detectada naturalmente por nenhum dos sentidos humanos. Dessa forma, qualquer detecção deve ser feita de forma indireta, por instrumentos específicos.

4.2 Origem dos radionuclídeos de ocorrência natural

Materiais NORM, como especifica o nome, têm origem natural e estão presentes na crosta da Terra e, logo, também estarão presentes em variadas concentrações nos reservatórios de óleo e gás.

A grande maioria dos materiais existentes no planeta é constituída por elementos químicos estáveis, mas alguns, como Urânio e Tório, são naturalmente instáveis – ou seja, após um tempo eles irão inevitavelmente decair em outros elementos químicos. Os elementos gerados a partir da desintegração do Urânio e Tório também são instáveis (radioativos) e, da mesma forma que seus ‘elementos-pais’, também irão se desintegrar em outros elementos radioativos, até que atinjam um elemento estável, sempre um isótopo de Chumbo.

A essas sequências conhecidas de desintegração radioativas do Urânio-238(²³⁸U), Urânio-235(²³⁵U) e Tório-232(²³²Th) dá-se o nome de “séries de decaimento natural”. Nessas cadeias, os ‘elementos-filhos’ e suas emissões radioativas são devidamente conhecidos e mapeados.

Os principais radioisótopos encontrados em NORM são os componentes das séries de decaimento naturais do Urânio-238(²³⁸U), Urânio-235(²³⁵U) e Tório-232(²³²Th), tais como o

Rádio-226(²²⁶Ra), o Rádio-228(²²⁸Ra), o Chumbo-210(²¹⁰Pb) e o Radônio-222(²²²Rn).

Embora os materiais NORM geralmente apresentem baixos e médios níveis de radiação, a maioria contém radionuclídeos de meia-vida (tempo de desintegração) longa. Isso significa dizer que, embora o risco associado ao material seja reduzido, quando em comparação a outros materiais radioativos, apresentarão este risco por um período mais elevado do que os demais materiais.

O NORM originário de formações geológicas de petróleo e gás é geralmente trazido para a superfície por meio do fluxo de água produzida e óleo cru. À medida que o fluido se aproxima da superfície e perpassa as etapas de produção, ocorre a precipitação de elementos radioativos. Materiais radioativos naturais provenientes da rocha reservatório são concentrados pelo processo de extração e produção, e podem se acumular principalmente nos equipamentos de separação.

A concentração dos isótopos radioativos nos reservatórios e ao longo do processo produtivo varia de acordo com as características inerentes à formação geológica do reservatório, às condições operacionais existentes e ao tempo de produção.

4.3 Ocorrência de NORM no processo produtivo

De acordo com a IOGP (2016), durante o processo de exploração e produção, o NORM migra do reservatório e flui através das

linhas de produção até alcançar as áreas operacionais. Os locais de interesse para o controle e gerenciamento do NORM são aqueles na unidade onde ocorrem ou podem vir a ocorrer quaisquer acumulações de material advindo do reservatório.

A presença de NORM nas instalações está diretamente relacionada às características dos reservatórios, mas também será influenciada pelas condições operacionais e pelo tempo de operação e produção de cada unidade.

De forma resumida, pode-se identificar a presença de NORM ao longo do processo produtivo de óleo e gás em acúmulos sob a forma de borras oleosas e incrustações sólidas. Exemplo de acumulação de borra oleosa pode ser encontrado na Figura 2.

De acordo com IAEA (2003), as concentrações de radionuclídeos componentes do NORM nos diversos tipos de materiais encontrados ao longo do processo produtivo nesta indústria estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Concentrações de radionuclídeos componentes do NORM por tipo de material acumulado.

Radionuclídeo	Óleo cru Bq/g	Água produzida Bq/L	Incrustação sólida Bq/g	Borra oleosa Bq/g
U-238	0,0000001-0,01	0,0003-0,1	0,001-0,5	0,005-0,01
Ra-226	0,0001-0,04	0,002-1.200	0,1-15.000	0,05-800
Po-210	0-0,01		0,02-1,5	0,004-160
Pb-210		0,05-190	0,02-75	0,1-1.300
Rn-222				
Th-232	0,00003-0,002	0,0003-0,001	0,001-0,002	0,002-0,01
Ra-228		0,3-180	0,05-2.800	0,5-50
Ra-224		0,5-40		

Fonte: Adaptado IAEA, 2003.

Segundo a IOGP (2016), as seguintes condições operacionais podem alterar e/ou incrementar o acúmulo de NORM em uma instalação:

- » Variações de temperatura e pressão.
- » Fluxo variável (transição entre laminar e turbulento).
- » Expansão de gás devido a alteração do diâmetro da tubulação.
- » Variação de pH (aumento da concentração de sulfatos).
- » Presença de micro cristais nas superfícies internas dos equipamentos.



Figura 2: Exemplo de borra oleosa acumulada no fundo de um tanque.

Assim, os principais locais identificados para a potencial detecção de NORM, e que poderiam representar um risco de exposição de pessoas, estão listados e sinalizados na Figura 3 abaixo.

Destaca-se que a quantidade de radionuclídeos deslocados dos reservatórios para fluidos produzidos varia significativamente entre instalações e até mesmo entre poços produtores. Mas, de acordo com IAEA (2003), um resumo dos locais de ocorrência correlacionado aos radionuclídeos correspondentes é apresentado na Tabela 2 ao lado.

Tabela 2: Principais locais com ocorrência de acúmulos com presença de NORM.

Tipo	Radionuclídeos	Características	Ocorrência
Incrustações contendo Ra	Ra-226, Ra-228, Ra-224 e seus 'elementos-filhos'	Depósitos sólidos de sulfatos e carbonatos de Ca, Sr e Ba	Tubos e equipamentos de instalações de produção
Borra oleosa contendo Ra	Ra-226, Ra-228, Ra-224 e seus 'elementos-filhos'	Areia, argila, parafinas, metais pesados	Separadores, tanques de <i>skimmer</i>
Água Produzida	Ra-226, Ra-228, Ra-224 e/ou Pb-210	Mais ou menos salina, grandes volumes na produção de óleo	Processo de produção

Fonte: Adaptado IAEA, 2003.

Eventuais exposições ocupacionais em condições operacionais normais decorreriam das radiações Gama que atravessam as paredes das tubulações e equipamentos, ou através de contato direto com o material radioativo em situações de manutenções e intervenções no processo produtivo e seus componentes.

4.4 Riscos à saúde dos trabalhadores

Os efeitos da radiação sobre a saúde são uma função da energia transmitida ao corpo humano, notadamente pela dissipação da energia dos diversos tipos de radiação (principalmente Alfa α , Beta β e Gama γ) em interação com as células, o que pode resultar em dano celular ou mutações genéticas, que podem se manifestar como ferimentos, queimaduras ou câncer.

Existem, de forma resumida, dois meios de exposição à radiação NORM: a irradiação por fontes externas e a contaminação interna por ingestão, inalação e contato dérmico, conforme ilustrado na Figura 4. A irradiação por fontes externas ocorre na proximidade do material e diminui com a distância ou com a adição de blindagens – que podem ser as próprias estruturas dos tanques, vasos, equipamentos e tubulações onde o NORM se encontra acumulado. Já a contaminação, ou seja, a absorção de material radioativo, leva à irradiação dos tecidos e órgãos. A redução da exposição à radiação neste tipo de exposição irá depender do tempo de decaimento da radiação (tempo de meia-vida inerente à substância) e à taxa de excreção pelo corpo de acordo com a composição química do contaminante.

De acordo com TAUHATA (2014), a exposição à radiação ionizante pode resultar em danos celulares na estrutura do DNA. O processo de ionização causado pelas radiações pode alterar a estrutura molecular dependendo da dose total, taxa de dose,

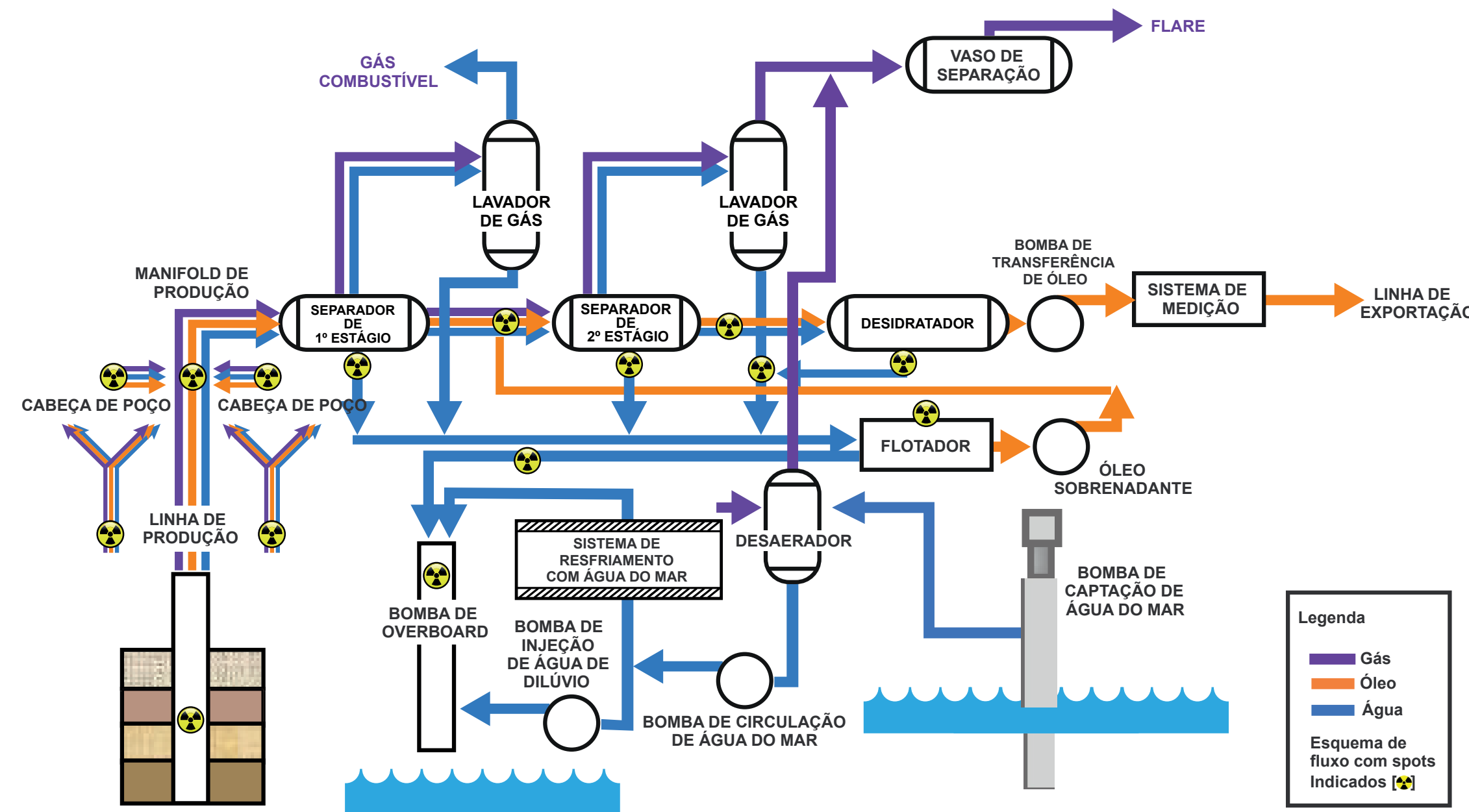
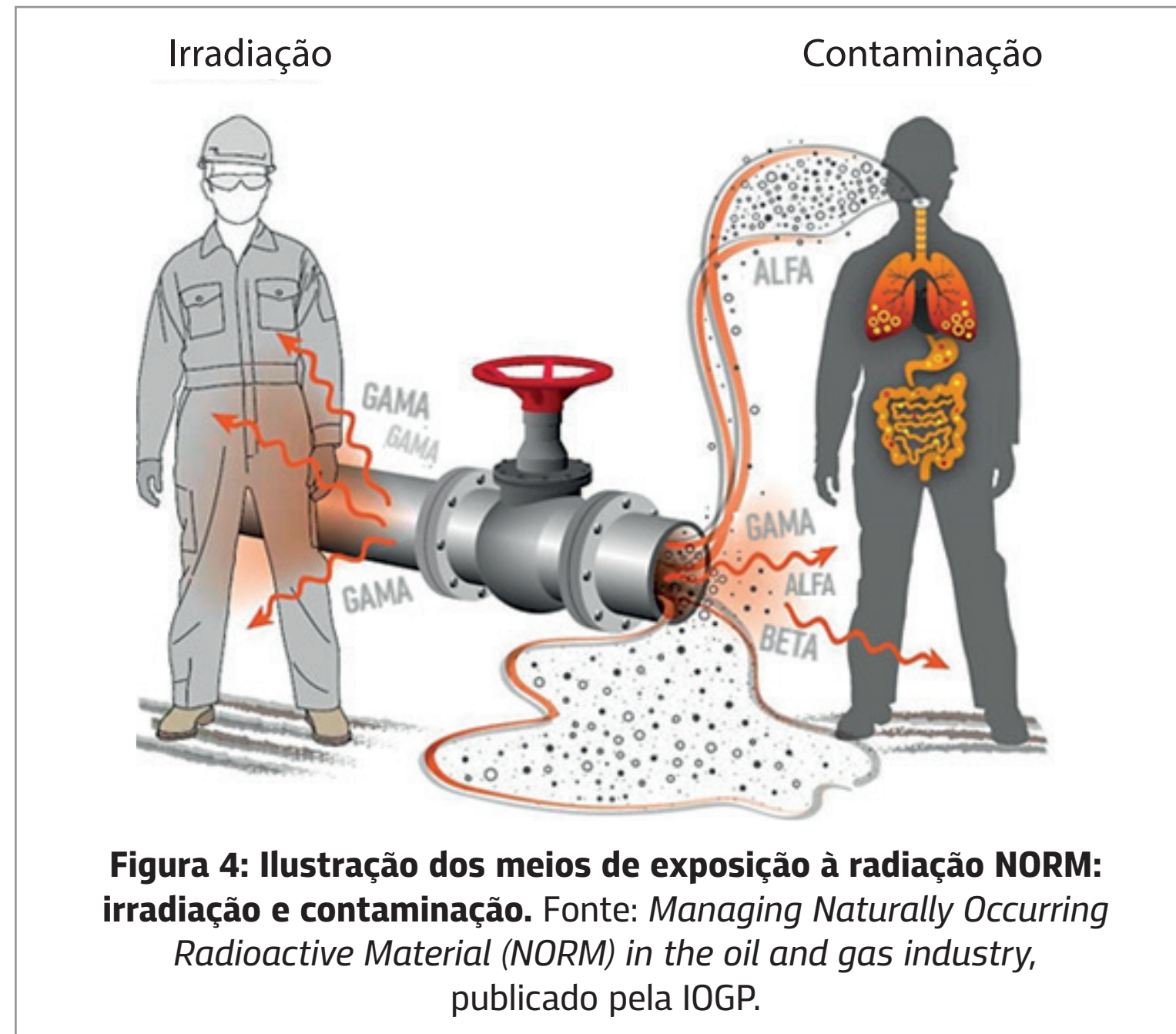


Figura 3: Esquemático com sinalização de potenciais locais no processo produtivo onde pode ser encontrado NORM.
Fonte: ADAPTADO. *Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil and gas industry*, publicado pela IOGP.



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. Um 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 em longo prazo.

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

Os efeitos biológicos podem levar poucos dias ou até dezenas de anos para se manifestarem, sendo classificados em:

- 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. Entre esse 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.

Em exposições causadas por materiais NORM, não há potencial para que efeitos determinísticos sejam gerados, desde que respeitadas as condições controladas de trabalho.

Dentre os dois cenários de exposição, o mais crítico é o de contaminação, tanto pela intrínseca dificuldade em controlar a exposição à irradiação

após a absorção pelo corpo humano, quanto pela dificuldade de medir com precisão e quantificar o total de exposição à radiação. Dessa forma, atividades na indústria de óleo e gás que envolvam o manuseio de materiais acumulados ao longo do processo produtivo são as que requerem maior atenção sob o ponto de vista de exposição NORM.

Os níveis de radiação dos radionuclídeos presentes no NORM devem ser monitorados, identificando-se as áreas e tarefas onde podem ocorrer a exposição.

Adicionalmente, destaca-se que o material NORM apresenta comumente riscos químicos associados, para além das suas características radioativas – como por exemplo presença de hidrocarbonetos e metais pesados. Estes riscos também devem ser devidamente mapeados e endereçados para um seguro gerenciamento deste material.

4.5 Riscos de exposição do meio ambiente

O correto gerenciamento do material radioativo de origem natural tem importância não somente para a segurança das pessoas – direta ou indiretamente envolvidas nos trabalhos com NORM – mas também a garantia da segurança do meio ambiente.

De acordo com IAEA (2003), os materiais contendo NORM normalmente são gerados em grande volume apesar da sua baixa atividade, o que se põe como um desafio extra ao seu gerenciamento. De acordo com ALVES (2012), controles insuficientes em etapas como manuseio, armazenamento e transporte podem levar ao espalhamento do material, resultando em uma contaminação ambiental e exposição potencial do público.

5 CICLO DE GERENCIAMENTO DO NORM

Devido ao amplo espectro de rejeitos NORM decorrentes de uma ampla série de atividades, é importante que seja adotada uma abordagem gradual para a proteção da radiação e para as opções de seu gerenciamento. Ou seja, as medidas de proteção adotadas devem ser proporcionais à magnitude e probabilidade de exposições e riscos.

A gestão de NORM na instalação deve ser feita de acordo com os princípios ALARA (*as low as reasonably achievable* – tão baixo quanto razoavelmente exequível), conforme recomendação da Comissão Internacional de Proteção contra Radiação (ICRP em inglês), Agência de Energia Atômica Internacional (IAEA) e as normas da Comissão de Energia Nuclear do Brasil (CNEN). Esta gestão envolve:

- » Assegurar que nenhum funcionário, contratados ou membros do público sejam expostos a níveis de radiação ionizante maior que os limites estabelecidos pela CNEN.
- » Minimizar a exposição dos trabalhadores (próprios e terceiros) que estejam expostos, tanto quanto possível.
- » Incorporar as medidas de radioproteção cabíveis nas permissões de trabalho.
- » Gerenciar o material de forma adequada de modo a assegurar a proteção do meio ambiente, das pessoas e das futuras gerações.
- » Manter a base de dados sobre NORM atualizada, levando-se em consideração experiência internacional e entendimento científico.

Quando a presença de NORM é esperada ou possível nas operações de produção de óleo e gás, deve ser elaborado um plano para gerenciamento de modo a monitorar e controlar os riscos associados à presença de material radioativo, de maneira apropriada e proporcional para garantir a segurança dos colaboradores envolvidos, cumprindo os requerimentos legais aplicáveis.

Uma estratégia de gerenciamento de NORM é essencial, e um esquema é sugerido na Figura 4. Destaca-se que o processo sugere monitoramento de área e testes laboratoriais a ser incluído nas rotinas operacionais e de manutenção das instalações.

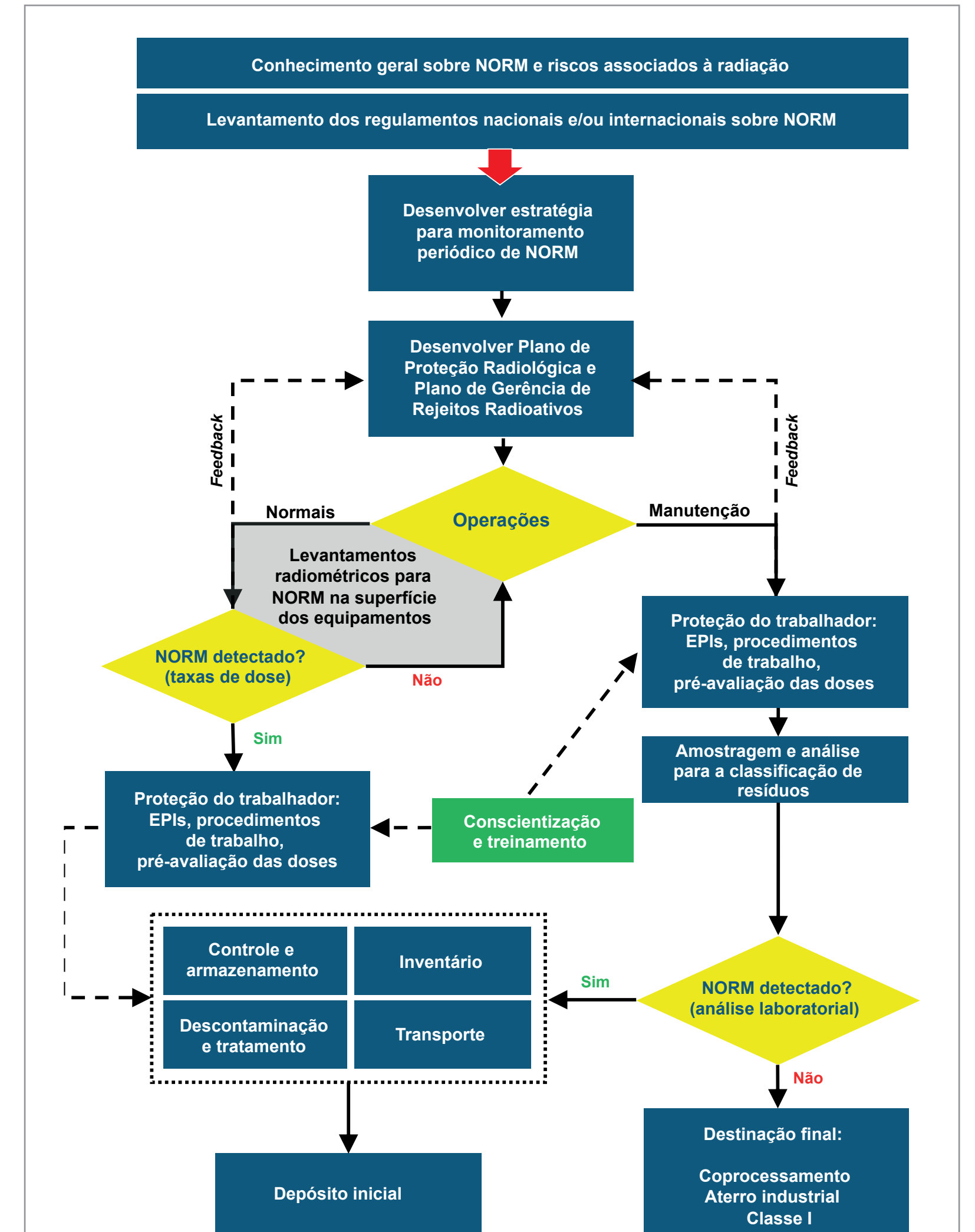


Figura 5: Esquema genérico de gerenciamento de NORM. Fonte: ADAPTADO. *Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil and gas industry*, publicado pela IOGP.

6 ATIVIDADES DE RADIOPROTEÇÃO

Medidas de proteção radiológica deverão ser implementadas em todas as etapas de gerenciamento do rejeito NORM, desde a sua geração até a sua destinação final, de modo a garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos na atividade e do meio ambiente.

6.1 Serviço de radioproteção

As operadoras deverão garantir a implementação e o funcionamento do Serviço de Radioproteção (SR) de suas unidades, de acordo com os requerimentos descritos na norma CNEN NE 3.02.

As principais atividades desempenhadas pelas operadoras devem ser as seguintes:

- a) controle de trabalhadores;
- b) controle de áreas;
- c) controle do meio ambiente e da população;
- d) controle de fontes de radiação e de rejeitos;
- e) controle de equipamentos;
- f) treinamento de trabalhadores; e,
- g) registros de dados e preparação de relatórios.

6.2 Responsabilidades em proteção radiológica

As responsabilidades de cada agente estão descritas na norma CNEN NN 3.01:

- » Titular: responsável legal pelo atendimento aos requisitos legais definidos pela CNEN para a instalação;
- » Supervisor de Proteção Radiológica (SPR): profissional certificado pela CNEN em determinada prática.

A aplicação da proteção radiológica para NORM dentro do escopo da Norma Regulamentadora nº 37, envolve no nível institucional:

- » Operadora da Concessão: empresa constituída sob as leis brasileiras com a qual a ANP celebra contrato de concessão para exploração e produção de petróleo ou gás natural;
- » Operador da Instalação: empresa responsável pelo gerenciamento e execução de todas as operações e atividades de uma plataforma;
- » Empresa Contratada: empresa terceirizada que presta serviços diversos a bordo da plataforma, de forma contínua ou eventual, mediante trabalhadores próprios regidos pela CLT.

As operadoras da concessão e/ou operador da instalação devem exigir que as empresas contratadas sigam os procedimentos e comprovem junto aos órgãos fiscalizadores a proteção aos trabalhadores terceirizados ou não.

6.3 Procedimentos para trabalho seguro

Todas as operações com potencial presença de NORM, devem ser gerenciadas por um sistema de trabalho seguro que identifique os perigos e estabeleça as medidas de controle para a execução segura da tarefa. Antes de qualquer trabalho em tanques e vasos com possibilidade de presença de NORM deve-se considerar o planejamento dos serviços e a execução de um estudo de risco, a fim de identificar as medidas para prevenção de exposições à radiação ionizante.

6.4 Controle da exposição ocupacional dos trabalhadores

O risco de exposição dos trabalhadores à radiação ionizante deverá ser avaliado conforme os requisitos descritos na Norma CNEN NN 3.01 e da Norma Regulamentadora nº 9.

Assim, de modo a garantir o controle da exposição ocupacional dos trabalhadores, deverá ser executada uma avaliação da presença de materiais radioativos de ocorrência natural no meio ambiente de trabalho que possam representar riscos à saúde dos trabalhadores.

Esta avaliação deverá ser constituída de um levantamento radiométrico de Nível de Radiação na Superfície (NRS) dos elementos da planta de processo que podem acumular NORM, de acordo com requerimentos da Norma Regulamentadora nº 37.

6.5 Controle da dose ocupacional dos trabalhadores

A classificação dos trabalhadores deverá ser estabelecida de acordo com a monitoração da área da instalação e das atividades ali desenvolvidas. Os trabalhadores ocupacionalmente expostos (IOE) à radiação ionizante deverão ser submetidos à monitoração individual e supervisão médica.

A monitoração individual deverá ser executada com o uso de dosímetros pessoais. As avaliações das doses deverão ser executadas pelo Serviço de Radioproteção da unidade.

A monitoração individual poderá ser feita pelo uso de dosímetros TLD, dosímetros digitais integradores de dose ou tecnologia equivalente. Os dosímetros TLD devem ser enviados para laboratório, enquanto os dosímetros digitais podem gerar relatórios de dose individual automaticamente.

Deve-se atentar que a exposição normal dos indivíduos deve ser restringida de tal modo que nem a dose efetiva nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse, causadas pela possível combinação de exposições originadas por práticas autorizadas, excedam o limite de dose especificado na tabela 3, salvo em circunstâncias especiais autorizadas pela CNEN. Destaca-se que esses limites de dose não se aplicam às exposições médicas.

Tabela 3: Limites de doses anuais

Limites de Doses Anuais [a]			
Grandeza	Órgão	Indivíduo Ocupacionalmente Exposto (IOE)	Indivíduo do Público (IP)
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv [b]	1 mSv [c]
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv	15 mSv
	Pele [d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	-

Fonte: CNEN NN 3.01.

[a] Para fins de controle administrativo, o termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.

[b] Média ponderada em 5 anos consecutivos, desde que: não exceda 50 mSv em qualquer ano.

[c] Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos não exceda a 1 mSv por ano.

[d] Valor médio aplicado em uma área de 1 cm² na região mais irradiada.

A supervisão médica se dará pelo controle da saúde ocupacional dos trabalhadores com risco de exposição à radiação ionizante e será executado de acordo com os preceitos da Norma Regulamentadora nº 7 da empresa e de suas contratadas. Este controle também deverá contemplar os requisitos descritos na Norma Regulamentadora nº 15.

6.6 Classificação e controle de áreas

Para fins de proteção radiológica, devem ser classificadas as áreas de trabalho onde haja interação com NORM em áreas controladas, áreas supervisionadas ou áreas livres, conforme estabelecido na Norma CNEN NN 3.01.

Em condições normais de operação, deve ser realizado um levantamento radiométrico na unidade nos equipamentos de processo que podem ocorrer acúmulo de NORM advindo do reservatório. Esse levantamento deve ser considerado na classificação de áreas.

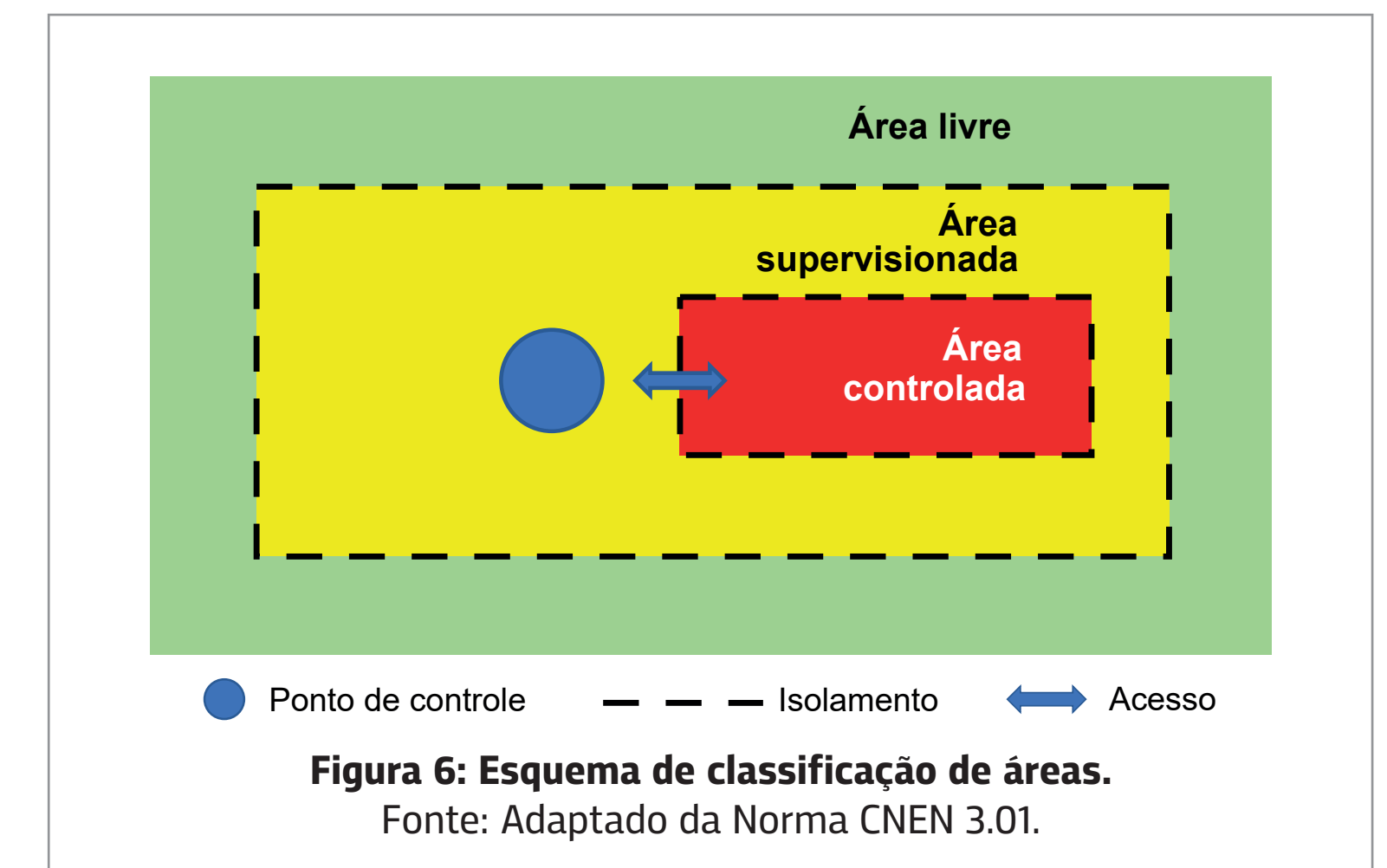
Já na manutenção, inspeção ou limpeza, onde pode haver exposição ao material radioativo de origem natural, as atividades e trabalhos devem ser monitoradas para avaliação da taxa de dose e classificação da área de trabalho. Ademais, a área deve ser isolada e suas barreiras devem sinalizar a possibilidade de presença de NORM no local, e o acesso deve ser restrito somente aos trabalhadores IOE envolvidos na atividade. Uma esquematização das áreas pode ser vista na Figura 5.

Definições segundo a Norma CNEN NN 3.01:

- Área livre:** qualquer área que não seja classificada como área controlada ou área supervisionada.
- Área supervisionada:** área para a qual as condições de exposição ocupacional são mantidas sob supervisão, mesmo que medidas de proteção e segurança específicas não sejam normalmente necessárias.
- Área controlada:** área sujeita a 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.

Ainda em situações de manutenção, devem ser previstas proteções nas áreas anexas ao local de ocorrência do trabalho, de modo a evitar o espalhamento do material pela unidade. Essas áreas devem ser sinalizadas como áreas controladas, onde os trabalhadores devem vestir EPIs específicos para o trabalho, bem como a monitoração por contaminação de equipamentos, ferramentas, materiais e pessoas que tiverem entrado em contato com o material radioativo de origem natural.

Em áreas onde são armazenados 'embalados' contendo NORM, também devem ser feitos levantamentos radiométricos de modo a garantir a segurança. Um exemplo de ficha para registro desses levantamentos pode ser encontrado no ANEXO 2.



6.7 Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)

Todas as pessoas que acessem um local com possível presença de NORM ou que manuseiem estes materiais, independentemente das taxas de doses medidas no local, devem portar os seguintes EPIs:

1. Bota impermeável (nitrílica ou de PVC).
2. Luva impermeável (nitrílica ou de PVC).
3. Óculos de segurança.
4. Capacete de segurança.
5. Macacão impermeável de proteção química, confeccionado em tecido 100% polietileno de alta densidade, revestido com uma camada laminada de polietileno, com capuz acoplado com elástico, fechamento em zíper, elásticos nos punhos e tornozelos e costura simples.
6. Protetor respiratório com filtro combinado químico e mecânico (P-3) ou máscara com ar autônomo.

Sugere-se também que se passe uma fita adesiva nos punhos e tornozelos, unindo as luvas e botas ao macacão impermeável e evitando a entrada inadvertida de material oleoso. Poderão ser usados cremes à base de óleos/silicones para auxiliar na impermeabilização da pele.

A equipe de trabalho deve ser orientada a paralisar a atividade imediatamente em casos de furos ou rasgos no macacão ou qualquer tipo de danos aos EPIs. A atividade poderá ser retomada somente após a substituição do EPI danificado.

É proibido fumar, repousar, comer ou consumir bebidas nos locais onde haja risco de contaminação por materiais radioativos.

Ademais, qualquer trabalhador com ferimentos ou cortes deve ser afastado de atividades que envolvam exposição a radiação ionizante.

Se for necessário entrar em um espaço confinado para remover a borra oleosa ou para trabalhar com equipamento contaminado por NORM, além do EPI listado, outros EPIs específicos para espaços confinados devem ser usados, como determinado nos procedimentos operacionais ou permissões para trabalho em espaços confinados.

6.8 Capacitação e treinamento dos trabalhadores

Todos os trabalhadores envolvidos em atividades com risco de presença de NORM, sejam eles próprios ou contratados, devem receber treinamento periódico específico para esta temática de forma a executarem suas funções de maneira segura, conforme requerimentos descritos na norma CNEN NE 3.02 e na Norma Regulamentadora nº 37.

O objetivo dos treinamentos é garantir que todos os IOEs estejam cientes dos riscos envolvidos nas operações, bem como a capacitação de todos os envolvidos nas atividades envolvendo NORM. Os treinamentos devem apresentar informações sobre os perigos associados ao NORM, os controles necessários para sua proteção e os métodos para evitar a contaminação ambiental.

Os treinamentos mínimos a serem ministrados para os trabalhadores estão definidos na Norma Regulamentadora nº 37.

6.9 Controle dos equipamentos medidores de radiação

Os medidores de radiação devem ser corretamente identificados, sinalizados, inspecionados, calibrados, aferidos, ajustados e mantidos. Sempre que houver qualquer irregularidade nos equipamentos de medição que resulte em reparos deverá ser providenciada nova calibração.

Os medidores de radiação devem ser calibrados conforme periodicidade estabelecida pela CNEN/CGMI ou imediatamente após uma manutenção corretiva, sempre em uma instituição credenciada pela CNEN.

Ademais, os medidores de radiação deverão ser aferidos sempre antes da sua utilização para verificação do seu correto funcionamento.

6.10 Controle documental

Um sistema de controle de documentação deve ser seguido considerando o desenvolvimento, atualização, distribuição, controle e integridade das informações e de toda documentação necessária.

Qualquer modificação ou correção realizada nos dados constantes nos registros devem ser claramente justificadas e documentadas.

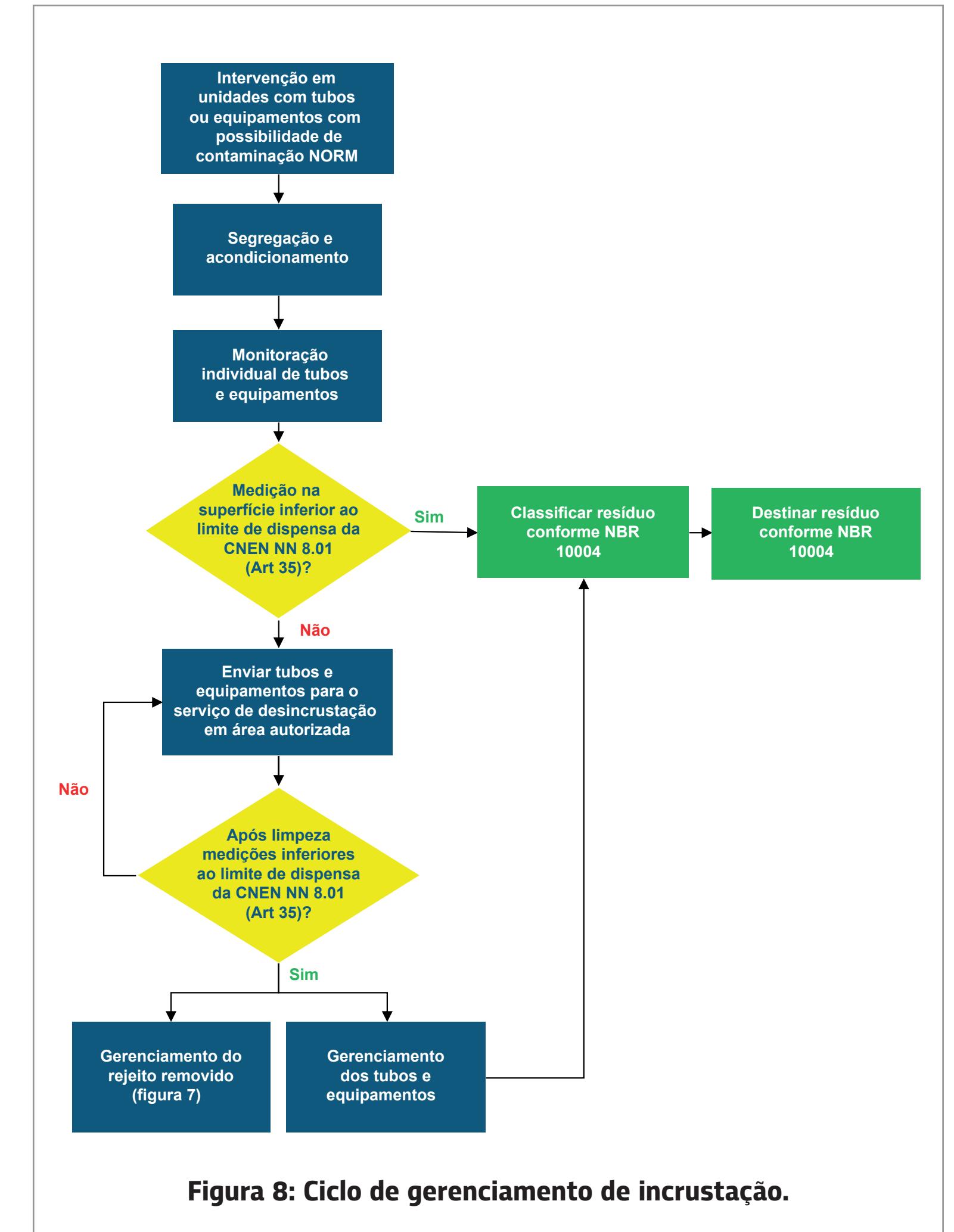
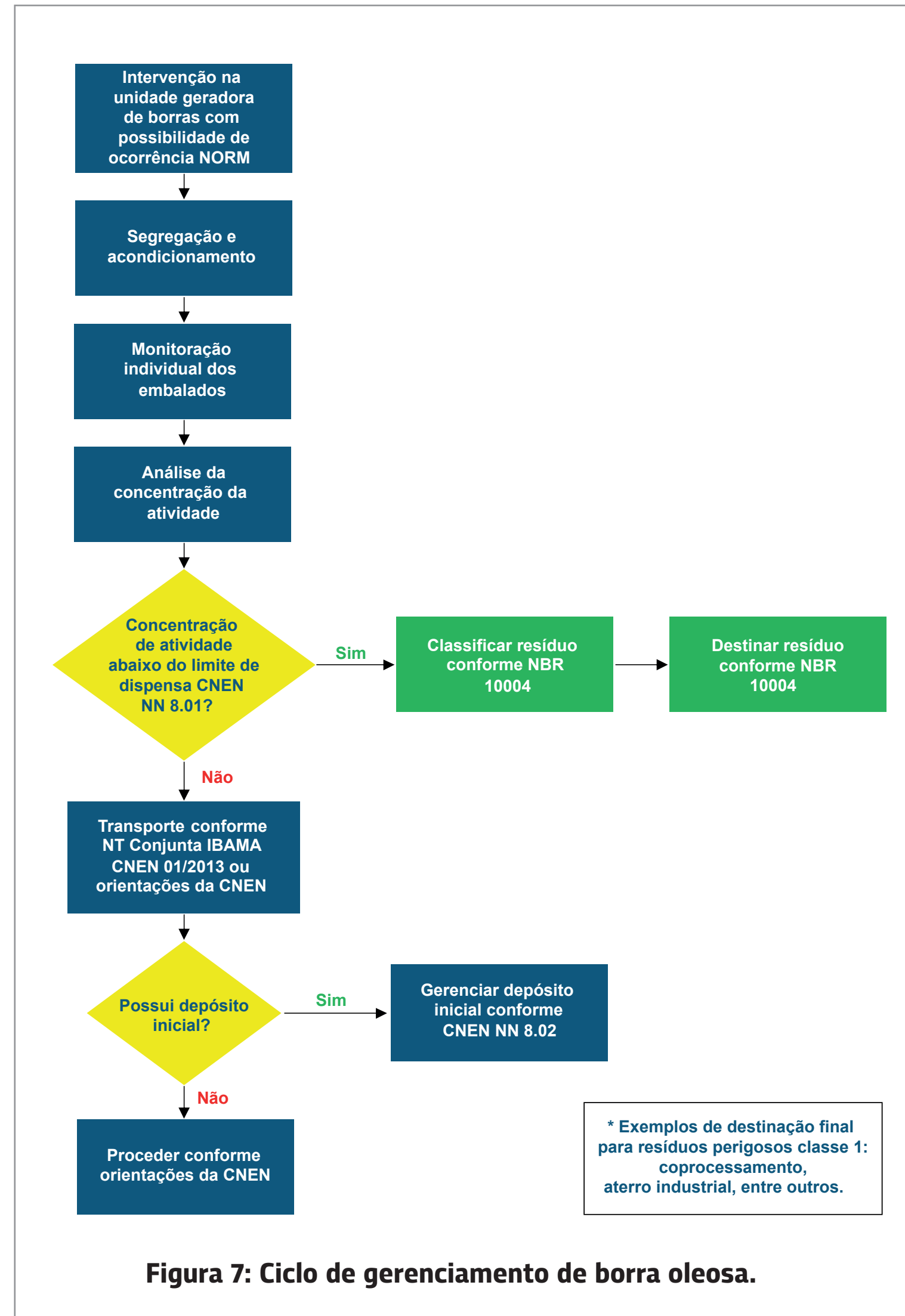
7 GERENCIAMENTO DO REJEITO NORM

Como a geração de rejeitos NORM é esperada durante as atividades de manutenção e limpeza em operações de produção de petróleo e gás, as empresas devem estabelecer um plano de gerenciamento de rejeitos para monitorar e controlar o risco de forma adequada e proporcional, em conformidade com a Norma CNEN NN 8.01 e melhores práticas adotadas na indústria.

Os principais rejeitos gerados na indústria de óleo e gás são as borras oleosas e as incrustações sólidas. Após análise da concentração de atividade do material podem ser classificados como resíduo perigoso classe I ou como resíduo radioativo e gerenciados conforme a Norma CNEN NN 8.01.

Um resumo do ciclo de gerenciamento da borra oleosa com possibilidade de ocorrência de NORM, desde a geração até a destinação, é apresentado na Figura 6.

Um resumo do ciclo de gerenciamento de incrustação sólida com possibilidade de ocorrência de NORM, desde a geração até a destinação, é apresentado na Figura 7.



7.1 Classificação dos rejeitos

A norma CNEN NN 8.01 estabelece em seu Artigo 3º a classificação para os rejeitos radioativos segundo seus níveis e natureza da radiação, bem como suas meias-vidas.

As classificações que se aplicam ao material gerado na indústria são:

- » **Classe 0: Rejeitos Isentos (RI)** – rejeitos contendo radionuclídeos com valores de atividade ou de concentração de atividade, em massa ou volume, inferiores ou iguais aos respectivos níveis de dispensa estabelecidos.
- » **Classe 2.2: Rejeitos de Baixo e Médio Níveis de Radiação contendo Radionuclídeos Naturais (RBMN-RN)** – rejeitos de extração e exploração de petróleo, contendo radionuclídeos das séries de urânio e tório em concentrações de atividade ou atividades acima dos níveis de dispensa estabelecidos na norma.

7.2 Plano de Gerência de Rejeitos Radioativos (PGRR)

Instalações que gerem material radioativo de ocorrência natural, deverão submeter à CNEN um Plano de Gerência de Rejeitos Radioativos, conforme requisitos do Anexo I da Norma CNEN NN 8.01.

7.3 Segregação, acondicionamento e identificação dos rejeitos

As borras oleosas são coletadas e guardadas em sacos plásticos, que por sua vez são acondicionados dentro de tambores metálicos ou bombonas plásticas. Um exemplo de acondicionamento de borras oleosas pode ser visto na Figura 9.

Os embalados devem ter suas condições de integridade asseguradas. Além disso, os volumes contendo rejeitos radioativos líquidos devem possuir vedação adequada para evitar derramamento do seu conteúdo.

Os embalados deverão ser numerados, identificados e sinalizados (apontando o risco de presença de NORM), cumprindo os requisitos contidos na ficha apresentada no ANEXO 1. O acesso aos embalados deve ser restrito, sinalizado e permitido somente a pessoas autorizadas, conforme CNEN NN 3.01.

Equipamentos e peças contaminadas que possuam tamanho ou formato que impeçam o acondicionamento nos embalados deverão apresentar condições que assegurem o não espalhamento e dispersão do material radioativo. Um exemplo de tubulação com incrustação fechada com protetor na Figura 10.

A segregação dos materiais deve ser realizada conforme a sua fonte de geração. Resíduos NORM gerados a partir de diferentes fontes não poderão ser misturados, a fim de evitar contaminações que possam alterar as classes do rejeito. Resíduos com suspeita de presença de NORM devem ser fisicamente separados de outros resíduos e materiais.

A sinalização e rotulagem dos embalados deverão seguir os preceitos descritos nas normas CNEN NN 5.01 e CNEN NN 8.01.



Figura 9: Exemplo de borra oleosa acondicionada em sacos plásticos, e dentro de bombona plástica.



Figura 10: Exemplo de tubulação com incrustação fechada com protetor.

7.4 Permanência temporária a bordo da unidade marítima

Até o momento do desembarque dos rejeitos NORM, os embalados devem ser mantidos de maneira segura, a bordo da unidade marítima, no menor tempo possível, seguindo os seguintes critérios:

- » Área delimitada e sinalizada para presença de material radioativo.
- » Acesso restrito somente a pessoas autorizadas.
- » Área com sistema de contenção, garantindo que em uma situação acidental, onde haja o espalhamento do material, o mesmo não represente um risco para o meio ambiente.
- » Executar monitoração periódica na área.

Um exemplo de correto armazenamento a bordo da unidade marítima pode ser visto na Figura 11.



Figura 11: Exemplo de armazenamento de tambores a bordo da unidade marítima.

7.5 Depósito inicial

A transferência dos rejeitos NORM da unidade marítima é permitida exclusivamente para locais autorizados e licenciados pela CNEN, como os depósitos iniciais, de acordo com a norma CNEN NN 8.02.

7.6 Amostragem do rejeito

A amostragem tem por finalidade a análise dos radionuclídeos, em concentração de atividade para a parametrização dos resultados com os níveis de dispensa estabelecidos no Anexo VI da Norma CNEN NN 8.01.

A amostragem deve ser realizada utilizando frascos isentos de contaminação prévia.

Sugere-se que a quantidade de amostras deva considerar a quantidade de material gerado, de acordo com cada local de geração (vaso, tanque etc.) Neste sentido, sugere-se que o número de amostras a ser retirado seja proporcional ao número de bombonas ou tambores gerados em cada atividade, seguindo a orientação da Tabela 4.

Tabela 4: Número de amostras por número de bombonas / tambores.

Nº de bombonas / tambores gerados	Nº de amostras
1 a 3	Todas
4 a 64	4
65 a 125	5
126 a 216	6
217 a 343	7
344 a 512	8
513 a 729	9
730 a 1.000	10

Fonte: Adaptado da Norma ASTM D4057.

A coleta do material para as amostras poderá ser feita diretamente no local de geração do material (vaso, tanque etc.), antes de seu acondicionamento; ou então diretamente nas bombonas ou nos tambores onde o material está acondicionado.

As análises laboratoriais radioquímicas deverão compreender os seguintes radionuclídeos, de acordo com o seu objetivo:

- » **Análises mínimas, para classificação do material:** Ra-226, Ra-228 e Pb-210
- » **Análises complementares, para atividades diversas:** U-234, U-238 e Th-232

Uma outra possibilidade é a realização da caracterização de atividade por espectrometria gama *in situ* de alta resolução.

7.7 Análise laboratorial e resultados

As análises devem ser realizadas em laboratórios com devida capacidade técnica e os resultados laboratoriais deverão ser devidamente arquivados.

Rejeitos que não apresentarem concentrações de atividade abaixo dos limites de dispensa incondicional definidos nos anexos da norma CNEN NN 8.01 deverão ter sua tratativa abordada diretamente com a CNEN para deliberação e anuência da comissão da sua transferência para outro local ou permissão para destinação final.

7.8 Dispensa de rejeitos

Os rejeitos poderão ser dispensados do controle regulatório desde que apresentem níveis de atividade ou de concentração em atividade inferiores aos níveis de dispensa estabelecidos

no Anexo VI (Níveis de dispensa para materiais sólidos contendo radionuclídeos) da norma CNEN NN 8.01.

Nestes casos, os rótulos de identificação de rejeito radioativos e eventuais símbolos devem ser removidos ou descaracterizados previamente à destinação.

7.9 Transporte de rejeitos

O transporte de materiais NORM, seja por via marítima ou terrestre, deve cumprir as exigências da Nota Técnica Conjunta IBAMA-CNEN 01/2013 da CNEN NN 5.01 e demais regulamentos nacionais para a segurança do transporte de produtos perigosos.

As embalagens destinadas ao transporte de NORM não devem apresentar contaminação superficial externa em níveis superiores aos especificados na Norma CNEN NE 5.01. Antes que o material radioativo seja transportado, uma inspeção visual deve ser realizada para avaliar o embalado e a rotulagem. A rotulagem também deverá seguir os preceitos e requerimentos descritos na Norma CNEN NE 5.01.

O transporte dos embalados e de materiais em embarcações de apoio e veículos deverão ser exclusivos, de forma que nenhuma outra carga seja transportada no container durante o transporte marítimo, ou no veículo de transporte terrestre. Destaca-se que em todos os momentos, os embalados deverão ser devidamente acondicionados e pesados, de modo a garantir sua integridade e preservação.

Todo o processo deverá ser acompanhado das devidas documentações requeridas – entre elas o Manifesto Marítimo de Resíduos (MMR) caso praticado pela empresa e o Manifesto de

Transporte de Resíduos (MTR), a Ficha de Monitoramento de Carga e Veículo, a Declaração do Expedidor, a Ficha com Dados de Segurança do Resíduo (FDSR) e a Ficha de Emergência. Também deverão ser atendidos os requerimentos do Decreto nº 96.044/1988 e da Resolução ANTT nº 420/04.

Deve-se avaliar a necessidade de elaboração e aprovação de um Plano de Transporte conforme os requisitos da Nota Técnica Conjunta IBAMA-CNEN 01/2013.

7.10 Tratamentoderejeitos

Qualquer processo de tratamento de rejeitos radioativos deve ser previamente aprovado pela CNEN, conforme estabelecido na norma CNEN NN 8.01.

Em processos de descomissionamento ou em paradas de manutenção das plataformas, equipamentos contaminados na superfície por radionuclídeos de origem natural, acima do estabelecido pela CNEN NN 8.01 (Art. 35), ou que apresentem feições de incrustações em seu interior devem ser encaminhados para as bases terrestres onde deverão ser armazenados temporariamente, para



Figura 12: Exemplo de sinalização de caminhão para transporte.



Figura 13: Exemplo de sinalização de embalado spill drum para transporte.

formação dos lotes, e posteriormente enviados para empresas licenciadas pela CNEN e órgão ambiental para serviços de descontaminação e de limpeza por hidrojateamento em circuito fechado com objetivo de retirada das incrustações aderidas às paredes metálicas.

As incrustações recolhidas deverão ser armazenadas em tambores metálicos e destinadas ao depósito inicial de rejeitos. As sucatas metálicas deverão ser avaliadas quanto aos níveis de radiação de superfície e, constatados os valores abaixo do estabelecido pela CNEN NN 8.01 (Art. 35), poderão ser destinadas para reciclagem. O processo de redução de volume de resíduos contaminados com NORM tem efetividade com a aplicação da segregação das incrustações presentes nos tubos e equipamentos contaminados provenientes das plataformas marítimas. As incrustações são gerenciadas conforme CNEN NN 8.01.

7.11 Registro e inventário de rejeitos

É necessário um sistema de manutenção de registros adequado e abrangente para atividades de gerenciamento de resíduos radioativos. O sistema de registro permite rastrear os resíduos desde o ponto de geração até o armazenamento e/ou destinação final.

Devem ser registrados e documentados todo o inventário dos rejeitos NORM a bordo na instalação, conforme estabelecido pela norma CNEN NN 8.01. O inventário deve apresentar também o registro de dispensa de rejeitos.

Um exemplo de inventário de materiais radioativos de origem natural é apresentado no ANEXO 3.

8 RESPOSTA A SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

Os cenários acidentais envolvendo materiais NORM devem ser identificados através de Análise de Risco da unidade operacional, devendo ser devidamente refletidos no plano de resposta a emergências.

Podem ser enumerados os possíveis cenários acidentais com NORM:

1. Incêndio/explosão.
2. Derramamento/vazamento de rejeito radioativo.
3. Abalroamento/colisão de veículo transportando material contaminado com NORM.
4. Queda do embalado no mar.

Em caso de uma configuração num cenário acidental, as ações de resposta a emergência devem ser executadas em conjunto com um Supervisor de Proteção Radiológica, assegurando que foram tomadas as providências cabíveis para garantir a segurança de todos, em consonância com os procedimentos existentes. Os contatos com órgãos reguladores (CNEN, IBAMA, Órgãos estaduais e outros) devem estar previstos e estabelecidos no Plano de Radioproteção e no Plano de Emergência.

Para todos os cenários que envolvem NORM, deve-se considerar:

- a) Notificação e acionamento do time de emergência e do SPR da empresa.
- b) Isolamento e sinalização imediata da área.
- c) Contato com os órgãos reguladores.
- d) Proibição do acesso de pessoal não autorizado à área isolada.
- e) Contenção do material disperso para evitar o agravamento da contaminação. Realizar a contenção com material absorvente (barreiras, manta, pó de serra) do material vazado/derramado prevenindo o agravamento da contaminação.
- f) Coleta do material e acondicionamento do NORM.

O retorno à área só deve ser feito após avaliação e aprovação do Supervisor de Radioproteção. As pessoas envolvidas na emergência, responsáveis pela contenção e recolhimento do rejeito, devem portar todos os EPIs aplicáveis para trabalhos com exposição ao NORM.

ANEXO 1

Ficha de identificação de rejeitos radioativos NORM

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DO REJEITO RADIOATIVO NORM		
Controle		
Número de controle:	Local de armazenamento:	Supervisor de Proteção Radiológica:
Origem do rejeito		
Unidade de geração:	Local de geração:	Data de geração do rejeito:
Caracterização do rejeito		
Composição do material:	Monitoração na superf. ($\mu\text{Sv/h}$):	
Radionuclídeos presentes no rejeito		
Radioisótopos testados:	Concentração de atividade (kBq/kg):	Data da análise:
Ra-226		
Ra-228		
Pb-210		
Embalado		
Tipo de embalagem:	Peso total do embalado (kg):	Capacidade nominal (l):
Destinação final do rejeito		
Data para alcançar o nível de dispensa:	Destinação:	

ANEXO 2

Ficha de levantamento radiométrico em local de armazenamento de NORM

LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO EM LOCAL DE ARMAZENAMENTO DE NORM		
Data da medição:	Responsável pela medição:	Assinatura:
Medidor de radiação:	Nº de série:	Leitura de fundo ($\mu\text{Sv/h}$):
Local de armazenamento:	Ponto de medição:	Leitura de exposição ($\mu\text{Sv/h}$):
Local A	Ponto A	
	Ponto B	
Local B	Ponto A	
	Ponto B	
Observações:		

ANEXO 3

Inventário de materiais radioativos de origem natural

INVENTÁRIO DE MATERIAIS RADIOATIVOS DE ORIGEM NATURAL

Identificação	GERAÇÃO			CARACTERIZAÇÃO			ARMAZENAMENTO	DESTINAÇÃO						
	Unidade de geração	Local de geração	Data de geração	Composição física do rejeito	Peso total (kg)	Monitoração na superfície ($\mu\text{Sv/h}$)	Concentração de atividade média (kBq/kg)	Local de armazenamento	Data de desembarque	MMR	MTR (INEA)	Método de destinação final	Empresa de destinação final	CDF

