

CARACTERIZAÇÃO DE EMBALADOS DE REJEITOS RADIOATIVOS UTILIZANDO MICROSHIELD

Rodrigo A. da Silva, Mikael P. Sukadolnik, Ana Paula G. Tessaro, Daiane C. B. de Souza, Roberto Vicente

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)
Gerência de Rejeitos Radioativos
Av. Professor Lineu Prestes 2242
05508-000 São Paulo, SP, Brasil

rvicente@ipen.br

RESUMO

Na extração de petróleo, há presença significativa de material radioativo de origem natural e, por isso, as empresas que realizam esse trabalho devem atender as normas de proteção radiológica estabelecidas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Determinar a concentração radioisotópica em rejeitos radioativos é um passo fundamental no processo de caracterização dos rejeitos e é essencial no tratamento, no transporte e na eliminação deles. Este estudo consistiu na utilização de medidas das taxas de dose e cálculos para estimativa do conteúdo radioativo presente em tambores com rejeitos provenientes da indústria de petróleo. Foi utilizado o programa para cálculo de blindagem Microshield. Os principais resultados obtidos foram os valores de taxa de dose e a espectrometria de emissão gama. O método baseado na medição das taxas de exposição em torno de embalados fornece boas aproximações quando as informações sobre emissores gama presentes nos embalados de rejeitos são obtidos por espectrometria gama.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o ponto de partida da exploração de petróleo por empresas multinacionais só foi possível por meio da lei ordinária 9.478 que ficou conhecida como lei do petróleo (06 de agosto de 1997), elevando drasticamente o número de plataformas marítimas bem como o número de indivíduos trabalhando na modalidade offshore (afastado da costa) gerando um grande impacto ambiental oriundos do rejeitos gerados[1].

Na exploração de combustíveis fósseis, quantidades expressivas de NORM (*Naturally Occurring Radioactive Materials*) que se encontram nas rochas reservatórios, são transportados à superfície misturadas à água produzida e aos combustíveis. Nesse processo, há um acúmulo de uma lama residual nas paredes dos equipamentos de exploração contendo entre outros materiais o TENORM (Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material) que nada mais é que o NORM concentrado. Os principais radionuclídeos encontrados nesse seguimento são o Rádio-226, Rádio-228 e o gás Radônio-222. O gás Radônio-222 é liberado na atmosfera enquanto a lama de rejeitos é armazenada em tanques e poços para sua total evaporação. Os materiais radioativos não são encontrados necessariamente em todos os poços de extração [2] e, naqueles em que estão presentes, têm concentração bastante variável, atingindo níveis elevados em alguns poços do Brasil.

Rejeitos radioativos são materiais contendo radionuclídeos naturais ou artificiais não aproveitáveis ou impróprios ao uso, que sofreram intervenção humana ou são subproduto decorrente de processos de contaminação, e que apresentam uma atividade superior aos limites de descarte estabelecidos pela CNEN [3].

O perigo associado a esse rejeito é a emissão das radiações alfa, beta, gama e X que são ionizantes e interagem com as células do tecido biológico, causando danos às estruturas celulares e levando, em alguns casos, até à morte de um indivíduo.

Para garantir que os riscos associados aos rejeitos radioativos sejam controlados, foram elaborados regulamentos que preconizam o recebimento, tratamento, armazenamento e deposição adequados [4].



Figura 1: Depósito de material radioativo no Laboratório de Rejeitos Radioativos do IPEN.

Segundo a norma CNEN NN 8.01 de 30 de abril de 2014, as indústrias de extração e exploração de petróleo devem obedecer a diretrizes específicas para a gerência de seus rejeitos radioativos oriundos dessa atividade, mas se estiverem acondicionados em embalagens, devem obedecer à própria CNEN-NN-8.01 [4]. Os rejeitos radioativos oriundos da extração de petróleo pertencem a classe 2.2 que são materiais que contêm radioisótopos naturais produzidos no decaimento do urânio e do tório, com atividade acima dos níveis de dispensa.

Uma avaliação de possíveis tratamentos destes rejeitos deve ser apresentada tendo em vista aprovação dos órgãos de fiscalização [5].

Em 1996 o IAEA (International Atomic Energy Agency) estabeleceu uma recomendação de isenção (exemption) e dispensa (clearance) de TENORM na exploração de petróleo. O parâmetro de Isenção indica se uma prática deve ser preconizada por normas de uma autoridade

regulatória. O parâmetro de dispensa indica se um material (rejeito) pode ser liberado do controle de uma autoridade regulatória. A liberação pode ser em caráter incondicional ou com condicionantes. Na liberação incondicional, o material é liberado sem a necessidade de informar a destinação dele. Na liberação condicional ele estará sujeito a certas condições de uso ou de deposição [6].

A dispensa dos rejeitos sólidos deve ser feita em sistema de coleta de lixo urbano e dos líquidos nas redes de esgoto. O transporte de rejeitos radioativos só pode ser feito a locais determinados da CNEN, devem ser previamente autorizados [7].

Materiais radioativos devem ser separados de outros materiais e acondicionados em embalagens que tenham o símbolo mundial de presença de radiação. Caso o rejeito precise ser transferido para local determinado pela CNEN, o veículo que o transportar deve ter o símbolo de presença de radiação como dita a Norma CNEN NE 5.01 [4].

O embalado deve se adequar as características químicas, físicas, biológicas e radiológicas do rejeito radioativo. Deve ser realizado um controle de qualidade desse embalado na intenção de garantir que não haja um extravasamento do material contido. A contaminação superficial deve estar abaixo de 4×10^4 Bq/m² para emissões β , γ e α de baixa toxicidade, e abaixo de $0,4 \times 10^4$ Bq/m² para os demais emissores α [4]. O envoltório dos rejeitos deve conter em sua superfície informações do registro e da taxa de dose [8].

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo é aplicar os métodos de caracterização de rejeitos radioativos em andamento na GRR em amostras de embalados oriundos da indústria petrolífera. Em particular, estimar a atividade pela correlação de grandezas radiológicas medidas nos embalados de rejeito, por exemplo, taxa de dose, com as concentrações de radionuclídeos emissores de radiação gama.

As atividades dos radionuclídeos difíceis de medir (RDM), determinadas por métodos radioquímicos serão, por fim, correlacionados com as atividades dos emissores gama de modo a se ter o inventário radioisotópico dos rejeitos.

Ao fim, as atividades totais dos radionuclídeos relevantes para a segurança radiológica em longo prazo, presentes em embalados de rejeitos radioativo, serão calculadas a partir dos dados já obtidos por medição, cálculo e, posteriormente, por análises radioquímicas.

2.1. Objetivos Específicos

Desenvolver os procedimentos de medida e de cálculo, aplicando o método de Point-kernel e as relações semi-empíricas usuais dos fatores de 'build-up', para estimar as atividades presentes nos embalados de rejeito. Os resultados irão auxiliar na caracterização radiológica dos rejeitos.

Correlacionar os resultados com aqueles já obtidos por espectrometria gama em amostras retiradas dos rejeitos de cada embalado, utilizando as ferramentas usuais para inferência estatística.

Estabelecer os protocolos de medição, cálculo e análise dos resultados que serão utilizados como ferramenta rotineira de monitoração de rejeitos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O método utilizado neste trabalho foi um levantamento bibliográfico sobre os processos físicos, químicos e radiológicos envolvidos nas atividades do projeto. Um acompanhamento das análises de resultados dos experimentos realizados por outros pesquisadores e alunos de pós-graduação também foram realizados.

O código computacional Microshield e cálculos utilizando planilhas também estão sendo utilizados ao longo do projeto.

Estão sendo realizadas medições das taxas de dose em algumas distâncias fixas da superfície lateral dos embalados, usando um detector portátil modelo *RayMon*TM da marca *Kromek*, que fornece as taxas de dose medidas em cada ponto e o espectro de radiação gama obtido com o detector tipo Cadmiun-Zinc-Telluride (CZT) do instrumento. Esse detector tem uma resolução em energia de 2.0 a 2.5% FWHM à 662 keV e uma faixa de medição de 30 keV à 3.0 MeV.

O método de fonte Point-kernel descrito por Rockwell [9] permite fazer o cálculo da taxa de dose da radiação ionizante produzida por fontes extensas, como um tambor cilíndrico por exemplo, assumindo que a radiação gama se propaga e interage dentro da matéria da própria fonte e da embalagem, utilizando fatores macroscópicos de atenuação linear.

A fonte é constituída de células unitárias, cada uma contribuindo para o fluxo de fótons no ponto de medição e os fótons espalhados que podem contribuir para a taxa de dose na posição do detector de radiação, são contabilizados usando fatores semi-empíricos de build-up.

Os tambores contendo de rejeitos radioativos passaram por uma inspeção preliminar para identificar os radioisótopos presentes, verificar o grau de enchimento e os materiais contidos em seu interior. A primeira análise é visual no intuito de identificar o estado físico do material contidos nesses tambores. Observou-se a predominância de materiais arenosos misturados a água e líquidos com cheiro característico do petróleo.

Amostras foram retiradas dos materiais contidos nos tambores em diferentes pontos e profundidades.

A radiação de fundo ou ‘background (BG)’, foi medida no ambiente para descontar das medições efetuadas nos tambores. A altura do rejeito dentro do tambor foi anotada e marcada na parede lateral externa.

A taxa de dose foi medida no plano mediano do nível do rejeito, em quatro quadrantes do tambor e em três distâncias da superfície: em contato, 20 cm e 40 cm – e os dados foram anotados em planilhas.

O Microshield[®] é um programa de computador que simula a emissão de fótons gama por uma fonte radioativa e suas interações com materiais de blindagem e calcula a taxa de dose em um ponto qualquer dentro ou ao redor da fonte radioativa. É muito utilizado para estudo de

radioproteção. O software é de fácil compreensão e exige do operador apenas princípios básicos de radiação e blindagem [10]. É aplicado no planejamento e elaboração de blindagem de salas que utilizam fontes radioativas, na gerência de rejeitos radioativos para estimar taxa de dose de embalagens, entre outras aplicações correlatas. Os resultados se apresentam como tabelas e gráficos relacionados à fonte de radiação [10].

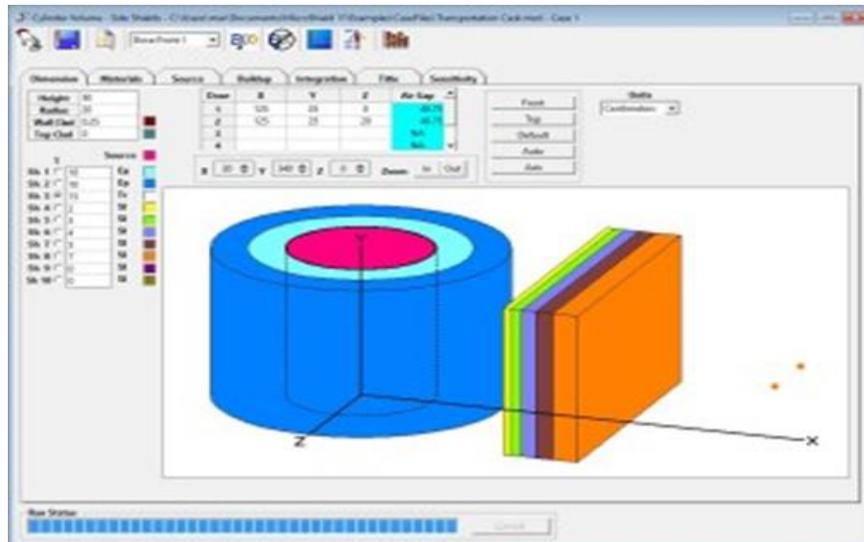


Figura 2: Interface do programa Microshield mostrando uma fonte radioativa cilíndrica (o cilindro vermelho), materiais de embalagem (as cascas cilíndricas azuis) e blindagens adicionais (as placas) interpostas entre a fonte e o ponto x onde a taxa de dose é calculada.

4. RESULTADOS

As taxas de dose medidas às distâncias de 0, 20 e 40 cm da superfície lateral dos tambores estão indicadas na tabela 1. Foram feitas medidas em quatro quadrantes, A a D, escolhidos aleatoriamente. As medições foram feitas no plano mediano do cilindro correspondente ao volume do rejeito dentro do tambor (meia altura).

Simultaneamente às taxas de dose, em cada ponto de medição foram tomados os espectros de radiação gama emitida pelo material e software do fabricante do detector Kromek foi usado para identificar os radionuclídeos correspondentes aos picos de energia detectados. O tempo de aquisição de dados foi de dois minutos para cada ponto de medição.

As figuras 3 mostra o espectro obtido com os tambores 9 no quadrante B a 20 cm da superfície.

Tabela 1 – Taxa de dose no ar, ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$) nas posições indicadas pelos quadrantes e distâncias da superfície lateral do tambor. RF corresponde à radiação de fundo no local.

No. Tb	Quadrante A Distância (cm)			Quadrante B Distância (cm)			Quadrante C Distância (cm)			Quadrante D Distância (cm)			RF
	0	20	40	0	20	40	0	20	40	0	20	40	
1	0,54	0,40	0,38	0,60	0,43	0,36	0,45	0,31	0,28	0,52	0,44	0,38	0,17
2	0,49	0,22	0,18	0,42	0,22	0,19	0,56	0,35	0,22	0,99	0,42	0,26	0,13
3	2,74	0,83	0,46	2,25	0,77	0,42	2,31	0,72	0,42	2,56	0,77	0,40	0,13
5	3,28	1,19	0,72	2,65	1,06	0,68	2,75	1,16	0,66	3,71	1,27	0,72	0,25
6	6,87	5,80	4,91	2,13	1,37	1,76	3,20	2,91	2,72	6,93	6,00	6,35	0,18
7	9,76	7,6	7,40	3,63	2,54	2,16	4,30	3,14	2,95	9,44	7,42	7,50	0,17
9	11,0	3,23	1,67	12,9	3,60	1,98	13,1	4,07	2,13	9,98	3,24	1,75	0,36
11	8,38	5,32	3,65	7,42	4,63	3,37	14,0	10,01	9,48	15,8	11,3	7,84	0,25

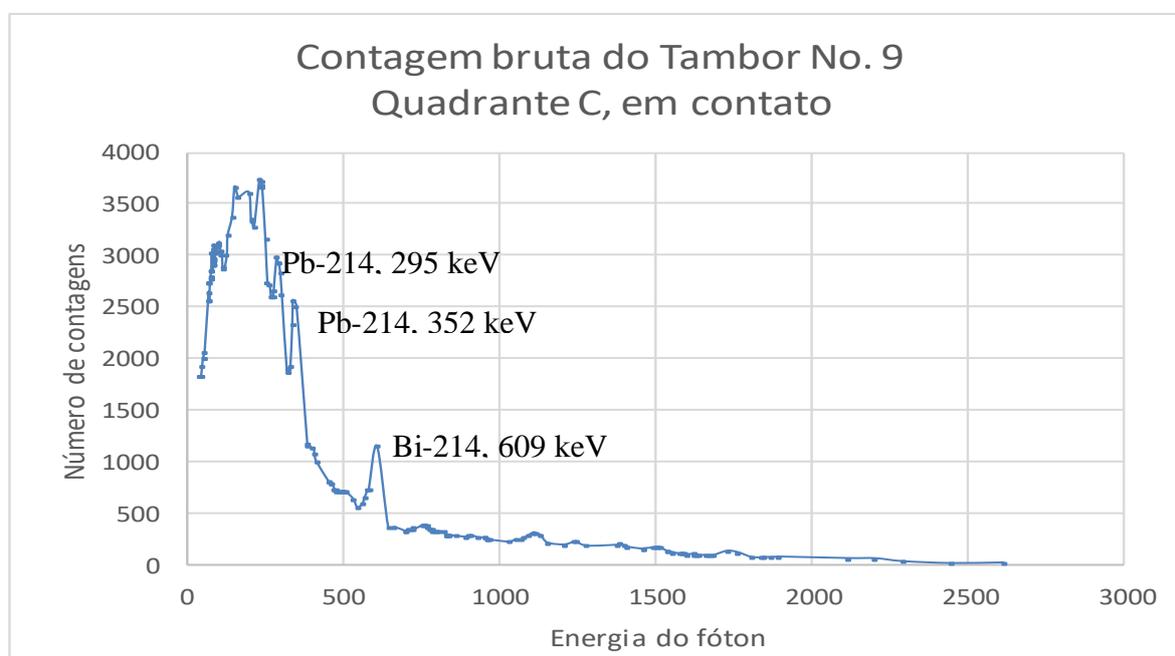


Figura 3 – Espectro gama obtido em 300 segundos com o espectrômetro portátil Raymon 10, da Kromek.

5. COMENTÁRIOS FINAIS

Este é um trabalho em progresso. Os resultados obtidos até o momento permitem planejar as próximas etapas de modo a que se aprimore o método de obtenção dos espectros, com maior exatidão, possivelmente aumentando o tempo de aquisição de dados.

A próxima etapa deste trabalho será o cálculo das atividades por meio da modelagem com o Microshield e comparar com a modelagem manual usando o método de Rockwell [9].

REFERÊNCIAS

1. Potiens Júnior, A. J. ; Hiromoto, Goro, Aplicação de redes neurais artificiais na avaliação da atividade de tambores de rejeito radioativo: Validação Experimental do Método. In: Primer Congreso Panamericano del IRPA/VII Congreso Regional de Seguridad Radi. 2006.
2. Petta RA, Campos TFC. Estimativa da radioatividade regional nas instalações petrolíferas e industriais do Canto do Amaro (RN). 2014;26(2):35–44.
3. Martins PR. Atuação da higiene ocupacional na gerência de rejeitos radioativos em serviços de saúde. 2007.
4. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Gerência de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação - Resolução CNEN N° 167/14. 2014;44. Available from: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm801.pdf>.
5. Severiano RG. Deposição de norm gerado pelas indústrias de petróleo e gás no brasil. 2013.
6. Martins SS da S, Azevedo MO de, Silva MP da, Silva VP da. Produção De Petróleo E Impactos Ambientais: Algumas Considerações. Holo. 2015;6:54
7. Santos GB. Gerenciamento de resíduos na indústria de exploração e produção de petróleo: atendimento ao requisito de licenciamento ambiental no Brasil. Rev Gestão Sustentabilidade Ambient. 2013;v.1, n.2,:23–35.
8. Jesus SP De. Aspectos Normativos Sobre Ocorrência Natural De. 2005;5–10.
9. Rockwell, T. Reactor shielding design manual. Rockwell, 1956.
10. MicroShield ® Version 12. :8080–1.