

AVALIAÇÃO RADIOLÓGICA DE TRAÇADORES RADIOATIVOS NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO

De Oliveira, F.L.¹, Da Silva, F.C.A.²

¹ Curso de Pós-Graduação Lato Sensu IRD/CNEN

² Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD/CNEN

RESUMO

Traçadores radioativos ou radiotraçador têm sido amplamente utilizados na indústria para otimizar processos, para resolver problemas, melhorar a qualidade de produtos, economizar energia e reduzir a poluição. Os benefícios técnicos, econômicos e ambientais têm sido reconhecidos por setores industriais e ambientais. A indústria do petróleo usa fontes radioativas seladas nas formas sólidas, líquidas e gasosas para investigar ou rastrear o movimento de outros materiais dentro de tubos de linhas inacessíveis. Muitos destes radiotraçadores podem ser detectados e/ou medidos facilmente por causa das suas emissões de raios gama. Os radioisótopos mais utilizados como radiotraçadores são ³H, ⁸²Br, ¹³¹I, ⁸⁵Kr, ⁴¹Ar, ¹⁴C, ²⁴Na, ¹⁹²Ir, etc. Este trabalho apresenta a aplicação de radiotraçadores na área de indústria, especialmente na indústria de petróleo e gás e realiza uma avaliação radiológica nesta utilização. Essa avaliação especifica o risco radiológico, as doses de radiação, a proteção radiológica e os procedimentos de segurança a serem seguidos, as exposições potenciais envolvidas e os acidentes radiológicos. Observou-se que os riscos radiológicos na utilização de radiotraçadores envolvem três aspectos: dose externa, contaminação externa e contaminação interna. Na maioria das vezes o risco de radiação relacionada com a dose externa é muito baixo, porque as fontes não seladas radioativas apresentam baixa atividade e os tempos de exposição são muito baixos durante o manuseio. As contaminações externas e internas aparecem devido ao uso de fontes abertas que permitem o contato direto e mesmo inalação ou ingestão de material radioativo. A fim de minimizar ou evitar riscos de radiação, relacionados com a dose externa, com as contaminações externa e interna é essencial que os trabalhadores sigam os procedimentos de proteção radiológica, os requisitos nacionais e recomendações internacionais. Identificou-se que não há uma regulamentação específica brasileira de proteção radiológica em traçadores radioativos. Devido a isso, uma série de recomendações da AIEA, bem como alguns aspectos da regulamentação dos EUA, é apresentada para contribuir para a elaboração deste regulamento específico.

1. INTRODUÇÃO

Traçador é qualquer substância que tem serventia como marcador, seja para uma parte do sistema, quanto uma fase específica. Nos dias atuais os traçadores são importantíssimos e muito utilizados para estudos industriais, ambientais e biológicos.

Seu uso em registro foi dado pela primeira vez, nos anos 20 d.C., quando cascas moídas foram usadas para identificar fontes do Rio Jordão pelo Tetrarca Herodes (CAILLOT, 2002). Hoje tal conhecimento é reconhecido devido a pesquisas laboratoriais, programas computacionais, experimentos de aplicação no meio ambiente e experimentos de aplicações em reservatórios de petróleo.

Pode-se definir traçador como “sendo qualquer substância ou partícula (química ou biológica) que pode ser usada para seguir, quer pontualmente ou de forma contínua, o comportamento ou de um determinado sistema ou de um componente, tal como um volume de água, quer em ambiente aberto ou subterrâneo” (ROSSI,1994). Os traçadores têm algumas características importantes: não devem reagir com materiais do meio em que são aplicados; não podem deixar resíduos; e devem possibilitar sua detecção mesmo em pequenas quantidades. Os mais utilizados são classificados em traçadores fluorescentes, biológicos, químicos, radioativos e os ativáveis.

A produção em reatores nucleares e o uso de traçadores radioativos na indústria foram iniciados em meados de 1940. A indústria petrolífera como pioneira, efetuou grandes aplicações, tendo os radiotraçadores como ferramenta em estudos de produção de petróleo. Dentre os tipos de traçadores existentes, os traçadores radioativos são os mais comuns para exploração de reservatórios de petróleo e otimização de operações envolvidas.

Este trabalho tem como objetivo, apresentar as diversas aplicações de traçadores radioativos na área de indústria e especialmente na indústria de petróleo (óleo e gás). Realiza, também, uma avaliação radiológica no uso de radiotraçadores, especificando o risco radiológico, as doses de radiação, os procedimentos de proteção radiológica e de segurança a serem seguidos, de acordo com as normas em vigor, as exposições potenciais envolvidas e os acidentes radiológicos ocorridos.

Os traçadores radioativos têm sido largamente utilizados na indústria para otimizar processos, resolver problemas, melhorar a qualidade do produto, economizar energia e reduzir a poluição. Os benefícios técnicos, econômicos e ambientais têm sido reconhecidos pelos setores industriais e de meio ambiente. A indústria de petróleo usa fontes radioativas não seladas na forma sólida, líquida e gasosa para investigar ou rastrear o movimento de outros materiais, mesmo dentro de tubulações ou casos fechados e muitas vezes totalmente inacessíveis. Muitos desses radiotraçadores podem ser detectados e/ou medidos facilmente devido a suas emissões.

2. RADIOTRAÇADORES NA ÁREA PETROLÍFERA

A técnica dos traçadores tem sido uma ferramenta de suma importância para pesquisas nas mais diversificadas áreas. Pode-se definir um traçador como “uma substância qualquer ou partícula (química ou biológica) que pode ser usada para seguir, seja pontualmente ou de forma contínua, o movimento de um determinado volume de água, seja em ambiente aberto (hidrologia de superfície) ou subterrâneo (ambiente porosos ou fissurados)” (ROSSI,1994).

O método é utilizado para se obter informações de um dado sistema, ou parte deste, através da observação do comportamento de uma substância específica agregada ao processo. Em geral, o princípio básico do método dos traçadores consiste em “marcar” uma substância, objeto ou fase de um sistema e observar seu comportamento através do sistema em estudo. Existem vários tipos traçadores, este trabalho será específico, ao uso dos traçadores radioativos, entre os vários aspectos dos radiotraçadores, destaca-se que a emissão predominante nesta técnica, são as de raios gamas.

2.1. Utilizações dos Radiotraçadores na Área Petrolífera

O fluxo do fluido na maioria dos reservatórios é anisotrópico. As estruturas do reservatório frequentemente são estendidas em camadas contendo heterogeneidades significativas que conduzem a variações direcionais na extensão de fluxo. Conseqüentemente, o movimento efetivo do fluido pode ser difícil de prever. É aqui que a tecnologia de traçadores desempenha um papel importante, onde o movimento do traçador reflete o movimento do fluido injetado.

A utilização dos traçadores em reservatórios de petróleo parte da ideia que o escoamento deste traçador será parecido ao da água injetada, que é a responsável pela expulsão do petróleo da formação rochosa. Para que isso funcione verdadeiramente ou o mais próximo possível disto dependerá de como o traçador e a água injetada irão fluir na formação, sem atrasos significativos ou perdas do óleo (PINTO, 2012).

Em indústrias de transporte e processamento de petróleo o uso de radiotraçadores permite aferição de medidores de vazão, medida do tempo médio de residência em colunas de craqueamento, localização de pontos de obstrução e vazamentos em dutos subterrâneos e, também, de investigação de comportamento do escoamento ou de processos industriais (BASKAN, 2010).

Os radiotraçadores têm inúmeras aplicações nesta área, tendo como exemplos o uso: como ferramentas de investigação locais impactados por hidrocarbonetos de petróleo; para cálculo da medida de vazão, em estudos de contaminação por NAPL's; e na determinação da Saturação Residual de Óleo (SOR). Entre os exemplos citados, certamente o mais importante é o cálculo da medida de vazão, aonde existem inúmeros métodos em que se utilizam o radiotraçador para efetuar tal cálculo.

2.2. Riscos Radiológicos

O risco radiológico de maior preocupação ao se trabalhar com radiotraçadores ocorre no local onde se é feita a injeção, pois é o momento onde a exposição externa encontra-se em seu máximo, além do risco de vazamento do mesmo durante a injeção.

As exposições a esta situação é limitada por meio de técnicas de injeção de traçadores que enfatizem a manipulação de maneira rápida e de menor quantidade, evitando transferências entre recipientes, e que a realização da injeção seja feita no interior da cabeça do poço. Os traçadores como Iodo-125 e Trício não trazem problemas quanto a radiação externa, porém continuam sendo radiotraçadores e os procedimentos têm por finalidade minimizar ao máximo a possibilidade de vazamentos. A partir do momento em que o radiotraçador tenha sido injetado, tornar-se imperativo o cuidado com a contaminação do ambiente. Isto pode ocorrer pela injeção de traçadores em saídas naturais, como por exemplo, as fontes termais, sendo assim deve-se considerar a medição dos níveis de radiação em tais situações. Além disto, podem acontecer contaminações caso águas residuais não injetadas, forem descartadas num corpo d'água, porém percebe-se que altos níveis de contaminação são improváveis mesmo nos casos extremos.

Se um recurso natural fosse afetado pelo fluxo de um radiotraçador injetado, este viria a ser conhecido a partir de outros estudos. Além disso, mesmo se tal contaminação ocorresse teria de estar em um nível muito grande para significar um risco à saúde humana (IAEA, 2004).

Os acidentes envolvendo material radioativo não selado podem resultar de inúmeras situações, por exemplo: o derramamento e lançamentos de material radioativo de sistemas pressurizados; liberações involuntárias ou não autorizadas de resíduos; situações de emergência do local, como incêndios e explosões, catástrofes naturais, conflitos e acidentes de transporte (IAEA, 2002).

O trabalho de campo pode representar algumas dificuldades em comparação com o trabalho de laboratório. As condições meteorológicas e outros fatores físicos podem prejudicar um trabalhador da competência habitual e capacidade para realizar seu trabalho de forma limpa e segurança. Além disso, a blindagem de radioisótopos que pode ser fornecida no campo pode ser menos eficaz comparada a que pode ser fornecida em laboratório, são fatores estes que contribuem ao aumento do risco radiológico nesta área.

2.3. Proteção Radiológica em Traçadores Radioativos

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que é a Autoridade Reguladora no Brasil, não tem norma específica para a proteção radiológica em radiotraçadores, mas os conceitos gerais aplicáveis a todas as práticas estão postulados nas diversas normas publicadas pela CNEN.

As indústrias que utilizam traçadores radioativos devem possuir um supervisor de proteção radiológica devidamente certificado a sua qualificação de acordo com a norma CNEN-NN-7.01. “Certificação da Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica”. Esse supervisor é enquadrado na classe II de baixo risco. Dentre as tarefas do supervisor estão o planejamento e aprovação de qualquer trabalho com radiotraçadores, seja na injeção como no armazenamento do material radioativo, verificando a limitação de área e a previsão das doses de radiação para os trabalhadores. Além disso, o estudo do impacto ambiental deverá ser levado em consideração, apesar de os radiotraçadores terem baixas atividades, meias-vidas curtas, e diluição obrigatória.

Como parte do licenciamento das instalações que usam traçadores radioativos, além da obrigatoriedade do supervisor de radioproteção, deve ser apresentado um plano de proteção radiológica que contemple todas as ações para a segurança radiológica dos trabalhadores e do meio ambiente. As informações relacionadas a monitoração individual, monitoração de área e monitoração do meio ambiente devem ser detalhadas e os resultados devidamente atualizados e registrados. As monitorações de área e do meio ambiente podem ser feitas pelo supervisor de radioproteção, mas a monitoração individual deve ser realizada por uma instituição fornecedora de serviço de dosimetria devidamente aprovada pela CNEN. Caberá ao supervisor a análise do histórico radiológico dos trabalhadores bem como o devido arquivamento.

A classificação de área é um ponto importante para a proteção radiológica no trabalho com radiotraçadores. A CNEN, através da Posição Regulatória 3.01/004:2011, determina que se houver trabalho com possibilidade de contaminação, a área deve ser designada com área controlada, independente da atividade do material radioativo.

No uso de traçadores radioativos geralmente as taxas de dose são bem inferiores aos limites estipulados em norma, porém a empresa deve designar em seu plano de proteção radiológica as estimativas destas taxas, para cada função que ela preste serviço envolvendo radiação.

Em uma situação de contaminação a CNEN não postula os valores para liberação da área contaminada, portando o valor aqui citado é baseado na NRC-USA. A descontaminação de uma fonte não selada deve ser realizada partindo da monitoração da superfície contaminada, tal análise deve ser capaz de detectar a presença de 185 Bq de material radioativo, se tal monitoração revelar a presença de 185 Bq ou um maior valor de material radioativo removível, deve-se efetuar o quanto antes a descontaminação do lugar. Caso não seja possível deve ser mantido a área isolada até o tempo de decaimento do radioisótopo em questão. O supervisor deverá verificar o equipamento associado à fonte de vazamento de contaminação radioativa e, se contaminado, efetuar também a descontaminação do mesmo.

O programa de treinamento da instalação deve ser descrito em seu plano de proteção radiológica, abordando os procedimentos e profissionais. Tal treinamento deve de ser dado, preferencialmente, a todos os funcionários, aos que se envolvem diretamente com radionuclídeos e aqueles que não se envolvem diretamente, pois em uma possível perda de fonte qualquer funcionário pode identificar a mesma e tomar as devidas providências. Muitas vezes este treinamento é substituído por participações em Congressos, Workshops, e Encontros de Proteção Radiológica, porém tais participações nem sempre são o suficiente para substituir o treinamento na íntegra.

Na escolha do radionuclídeo para uma prática com radiotraçadores, deve-se levar em consideração àqueles tiverem meia-vida condizente com a duração do ensaio, pois os radionuclídeos de meia-vida curta aumentam a atividade inicial, porém o tempo de exposição aumenta ao se usar um radionuclídeo de meia-vida longa. Tal escolha tem de ser feita de maneira a amenizar a dose de radiação, garantindo o alcance necessário para a investigação.

Os aspectos específicos de proteção radiológica são recomendados pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). A AIEA recomenda que para o uso de tal prática deva ser estabelecido um programa de proteção radiológica, para possíveis exposições e contaminação por se tratar de fontes não seladas, otimizando assim a proteção dos trabalhadores e do público, de maneira a abranger até mesmo os funcionários terceirizados que ali prestarem algum tipo de serviço. A otimização da proteção começa na fase de concepção, por motivo de haver maior flexibilidade a mudanças, a qual se preciso deve existir até mesmo em fase operacional, tendo capacidade de responder a situações inesperadas.

3. CONCLUSÕES

As diversas aplicações de radiotraçadores na indústria são basicamente voltadas à área do petróleo, pois os benefícios são realmente significativos no cálculo da medida de vazão, determinação da saturação residual de óleo e estudos de contaminação por NAPL's.

Os riscos radiológicos no uso de traçadores radioativos envolvem três aspectos: dose externa, contaminação externa e contaminação interna. Na maioria das vezes o risco radiológico

relacionado à dose externa é muito baixo, por se tratar de fontes radioativas não seladas de baixas atividades e o tempo de exposição durante as operações serem baixo. Os riscos radiológicos relacionados as contaminações externa e interna aumentam devido ao fato de as fontes radioativas usadas serem não seladas possibilitando um possível contato direto e até inalação e ingestão do material radioativo.

De forma a minimizar ou evitar os riscos radiológicos, relacionados a dose externa, contaminação externa e contaminação interna, é fundamental seguir os procedimentos descritos nos planos de proteção radiológica, os requisitos postulados nas normas e regulamentos e as recomendações internacionais. A observância das boas práticas de proteção radiológica certamente evitará possíveis contaminações.

Os acidentes radiológicos, apesar de serem postulados pelas instituições usuárias de traçadores radioativos, não são comuns nesta técnica, confirmando o cumprimento dos requisitos de proteção radiológica.

4. REFERÊNCIAS

1. Caillot, A., “La radioactivité au service de l'industrie et de l'environnement”, Paris: Editions Tec et Doc. (2002).
2. Rossi, P. et. al., “Bacteriophages as surface and groundwater tracers”. *Hydrology & Earth System Sciences*, Vol. 2, pp 101-110 (1998).
3. Pinto, A. M. F., “Determinação da saturação residual de óleo através da medida da variação da concentração de radônio na água de produção”, *Tese de Doutorado*, Campinas (2012).
4. IAEA, “Radiotracer applications in industry: a Guidebook”, *Technical Report Series* no. 423, Vienna (2004).
5. IAEA, “Radiotracer resident time method for industrial and environmental applications distribution”, *Training Course Series*, N. 31, Vienna (2008).
6. IAEA, “Radiotracer generators for industrial applications”, *Radiation Technology Series*, N. 5, Vienna (2013).
7. IAEA, “Radiotracer applications in industrial processing, oil and geothermal reservoirs: a guidebook”, Vienna (2002).
8. Rossi, P., “Advanced in biological tracer techniques for Hydrology and Hydrogeology using bacteriophages: optimization of the methods and investigation of behaviour of bacterial viruses in surface waters and in porous and fractured aquifers”, *Ph. D. Thesis: University of Neuchâtel* (1994).