



Estimativa da radioatividade regional nas instalações petrolíferas e industriais do Canto do Amaro (RN)

R.A. Petta^{1,2}; T.F.C.Campos^{1,2}

Recebido 18 de outubro de 2013/ Aceito em 04 de fevereiro de 2014

¹LAGEOMA- Laboratório de Geomática - Depto de Geologia UFRN - Campus Universitário - Natal (RN) 59072-970 - petta@ccet.ufrn.br ²LARANA - Laboratório de Radioatividade Natural - Depto de Geologia UFRN - Campus Universitário - Natal (RN) 59072-970 - tcampos@geologia.ufrn.br

Resumo

O estudo apresenta a avaliação e o monitoramento temporário da dosagem radoniométrica e de radiação Gama ambiental superficial através de uma amostragem emanométrica (ativa e passiva) realizada no campo de petróleo do Canto do Amaro (Mossoró - RN) tendo como finalidade a estimativa da distribuição do radônio nas instalações petrolíferas e a definição do “Risco Radônio” para os trabalhadores. Foram realizados vários tipos de medidas em áreas de linhas de dutos, estações de tratamento de dejetos e de armazenamento, sobre linhas e operações de transporte e também em lama, solos, e resíduos de lamas de extração. A maioria das amostras foi analisada tal como encontrada, isto é, sem pré-tratamento. Para a coleta de dados de radiação Gama, foi utilizado o espectrômetro de radiação Gama RS-125 (RADIATION SOLUTIONS INC) e para avaliação da emanometria ativa do gás radônio nos solos foi utilizado o AlphaGuard (GENITRON INC), com o intuito de detectar a variação de fundo da radioatividade natural superficial e estabelecer os valores regionais usados para a comparação dos resultados. A partir dos resultados obtidos foram elaborados um Banco de Dados Digital (BD) e um Sistema de Informações Georeferenciadas (SIG) para modelar os padrões avaliados e suas perspectivas futuras. As medidas, depois de tratadas, demonstraram que nos locais analisados e nas instalações estudadas, na sua maioria apresentaram concentrações de atividade radioativas abaixo do nível de isenção. Porém em alguns casos, foram notificados valores acima do valor de isenção que demandam de atenção e novas avaliações futuras.

Palavras-chave: Petróleo, Radônio, Radioatividade Natural, SIG

Abstract

ESTIMATE OF RADIOACTIVITY IN REGIONAL OIL INDUSTRIAL FACILITIES OF CANTO DO AMARO REGION (RN)

This study presents the evaluation and temporary monitoring of radiometric and radioactive environmental surface dosage through the use of a emanometric sampling (active and passive) held

in the Canto do Amaro oil field (Mossoró - RN) and aims to estimate the distribution of radon on oil installations and the definition of "Radon Risk" for workers. Several types of measurements were conducted in areas of pipelines, treatment plants and waste storage, lines and transport operations as well as in mud, soil, waste and sludge extraction. Most of the samples were analyzed in situ, without pretreatment. A Gamma spectrometer RS-125 (RADIATION SOLUTIONS INC) was used to obtain the data from natural radiation. To evaluate the radon gas in soils was used the AlphaGuard an active emanometer (GENITRON INC), in order to detect the background variation surface of natural radioactivity and establish regional values used for comparison of results. From these results a Digital Database (DB) and Georeferenced Information System (GIS) were designed, to model the standards evaluated and its future projections. These analyses, after data treatment, demonstrate that most of the studied locations and systems, showed activity concentrations below the exception radioactive level. But in some cases, values above the exemption amount have been reported which demand attention and future evaluations.

Keywords: Natural Radioactivity, Radon, Oil Exploration, GIS

INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea está cada vez mais preocupada com o uso intensivo e extensivo de elementos tóxicos em diversos processos e seus efeitos para o homem e seu ambiente natural. Alguns desses elementos podem ocasionar graves danos à saúde humana direta ou indiretamente, seja pela exposição em altas doses destes elementos, como também através de doses pequenas, porém acumulativas.

A indústria de petróleo e gás oferece grande parte da energia usada em nosso país. Quando dirigimos um carro, ligamos uma lâmpada, ou cozinhamos em um fogão, uma grande parte da energia que usamos vem dos combustíveis fósseis, onde os processos utilizados para extraí-los, muitas vezes geram resíduos, sendo alguns destes radioativos.

Substâncias radioativas naturais são encontradas no subsolo rochoso (NORM, acrônimo inglês para Material Radioativo de Ocorrência Natural) e por vezes acompanham alguns materiais de interesse econômico, como petróleo e gás, e durante sua exploração e/ou produção podem ser trazidas para a superfície e

difundir-se no meio ambiente (TENORM - Material Radioativo de Ocorrência Natural tecnologicamente Tecnologicamente Realçado). Quantidades significativas de materiais radioativos naturais provenientes da rocha reservatório são encontradas durante as fases de exploração, produção, manutenção e transporte do óleo.

Estas duas categorias de material radioativo que os trabalhadores do petróleo precisam se preocupar (i) os NORM que provém das rochas e sedimentos do subsolo e (ii) os TENORM, que são, como já foi dito, os radionuclídeos que foram concentradas pelo processo de extração, transporte e/ou produção, tais como o acúmulo de lodo e resíduos de petróleo nos equipamentos de extração.

Os materiais radioativos não estão necessariamente presentes nos solos em cada poço ou local de perfuração. No entanto, em algumas áreas como a Bacia Potiguar (RN), onde foi notificado um largo nível rochoso radioativo em subsuperfície, denominada de Formação Jandaíra (Matsuda 1988, 1989) e onde as rochas calcárias formam cavernas ou dolinas subterrâneas que podem concentrar o

radônio; as rochas e os solos podem conter concentrações anômalas de material radioativo acima dos valores aceitáveis.

Os rejeitos radioativos de extração de petróleo e gás são produzidos na forma de água produzida, que são as águas utilizadas vinda misturada com o óleo e na extração, explorações e suas instalações, lama de perfuração, barros, limos, ou lagoas de tratamento e de evaporação e até mesmo concreções em dutos e instalações. Podem se concentrar nas crostas minerais que se formam nas tubulações (*scale pipe*), tanques de armazenamento, ou outros equipamentos de extração. Os fluidos produzidos na exploração, incluindo a água, podem conter radionuclídeos, principalmente o Rádio-226, Rádio-228 e o gás Radônio-222 dissolvidos a partir da rocha-reservatório, que são transportados juntamente com seus descendentes radioativos quando esta água é trazida à superfície durante a extração do óleo, e que, devido às mudanças de temperatura e pressão, pode acumular ricas precipitações de sulfato e carbonato de rádio nas paredes internas dos equipamentos de produção (e.g.: tubos, válvulas, bombas). O radônio é liberado para a atmosfera, enquanto que a água produzida e lama contendo rádio são colocadas em tanques ou poços de evaporação, reutilização ou recuperação (UNSCEAR).

O ^{222}Rn comumente chamado de Radônio (meia-vida de 3,68 dias) tem como subprodutos de desintegração radioativa de meia-vida curta o ^{218}Po , o ^{214}Pb , o ^{214}Bi e o ^{214}Po , que podem ser liberados para atmosfera, enquanto a água produzida e a lama da perfuração, contendo rádio são colocadas em lagoas ou poços de evaporação, para sua reutilização ou recuperação. E mesmo um trabalhador que atue nas perfuratrizes pode inalar o radônio na boca do poço, aumentando o risco de câncer de pulmão. A radiação Gama pode também penetrar na pele e elevar o risco de câncer (EPA – USA Environmental Agency).

As pessoas mais susceptíveis à exposição desta fonte de radiação são os trabalhadores do local e as pessoas que habitam seu entorno. Eles

podem inalar gás radônio, que é liberado durante a perfuração e produzido pelo decaimento do rádio, aumentando o risco de câncer de pulmão. Além disso, eles são expostos à emissão Alfa e radiação Gama liberado durante o decaimento do Rádio-226 e à radiação Gama de baixa energia da radiação, além de partículas beta liberadas pelo decaimento do Rádio-228. Os trabalhadores e habitantes que seguirem as normas de orientação e de segurança irão reduzir bastante o seu nível de exposição total nos locais sujeitos à concentração da radiação.

A maioria dos estados e órgãos federais de gestão ambiental do Brasil com exceção do CNEM - Comissão Nacional de Energia Nuclear (em casos bem específicos) bem como empresas diversas, não possuem atualmente uma legislação específica e nem regulamentos que controlem o manuseio e descarte de radionuclídeos que podem estar presentes nos locais de produção de petróleo. Assim sendo é provável que certo número destes locais contenham resíduos radioativos, e os trabalhadores e mesmo a população em geral poderão estar sendo expostos a TENORM resultantes da perfuração de petróleo e gás. E mesmo a população que habita em áreas inseridas ou mesmo vizinhas à área onde se explora o petróleo, também pode estar sendo exposta à radioatividade quando reutilizam em projetos de construção ou mesmo reaproveitam em outras finalidades, alguns restos de equipamentos contaminados ou de outros materiais de descarte que são abandonados na área de exploração.

O principal objetivo desta pesquisa foi realizar uma apreciação e avaliação das atividades de concentração da taxa de dosagem da radiação Gama nas operações de petróleo *onshore* em grande escala do campo petrolífero do Canto do Amaro (Mossoró-RN). São apresentadas neste estudo as avaliações dos níveis de radiação nas instalações petrolíferas

de exploração e o nível de segurança da radiação em algumas áreas de dutos e instalações. Esta pesquisa também investigou a exalação do gás radônio do petróleo e gás explorado e tratado e de amostras de lamas não tratadas, como também da evaporação em solos e sedimentos. As dosagens realizadas no campo petrolífero foram comparadas com o nível regional da radiação (*background*), medida em áreas “limpas”, tendo como finalidade se identificar sítios de índices acima da normalidade.

Avaliações dos níveis da radioatividade em áreas de exploração de petróleo, além de aferir os níveis de exposição podem ser as bases para se formular ações de orientação de segurança a ser seguidos pelos trabalhadores. Não existem estudos anteriores, abrangentes e sistemáticos já realizados sobre o impacto radiológico da indústria petrolífera na Bacia Potiguar, particularmente na região do Canto do Amaro, que é o maior campo produtor de petróleo em terra do Brasil. Esta avaliação da exalação de gás radônio neste campo petrolífero é o primeiro estudo de seu tipo, no entanto, é um pouco limitado em escopo, devido ao fato de só se termos tido a concessão e permissão para os acessos a um número limitado de sítios na área.

ÁREA DE TRABALHO

O campo de petróleo denominado de Campo do Amaro é o maior campo terrestre produtor de óleo do Brasil, contando cerca de 1500 poços em atividade, grande rede de dutos e estruturas de armazenamento, estruturas de transporte de gás e óleo, além de lagoas de estabilização e de tratamento de dejetos, estações coletoras e de bombeamento, localizados em uma área de 250 km². Geologicamente, o Canto do Amaro esta inserido na Bacia Potiguar, que é uma bacia Cretácica, formada por sedimentos Neocretácicos e terciários que se distribuem em um *Rift* Neocomiano de direção NE-SW. O campo que é explorado pela Petrobrás engloba os municípios de Mossoró, Areia Branca e Serra do Mel, todos no RN (Figura 1).

Os habitantes inseridos no Canto do Amaro e/ou na área entorno são predominantemente agricultores, que residem em núcleos ou povoados dispersos por toda a área, e que tradicionalmente se movimentam com os seus rebanhos de caprinos e bovinos em busca de água e comida onde estas possam ser encontradas. No entanto, mais recentemente uma mudança no estilo de vida para feições de área mais semiurbana, pode-se notar que muitos já começam a se

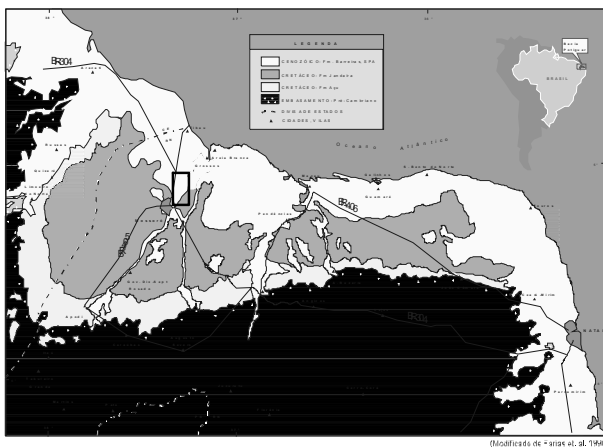
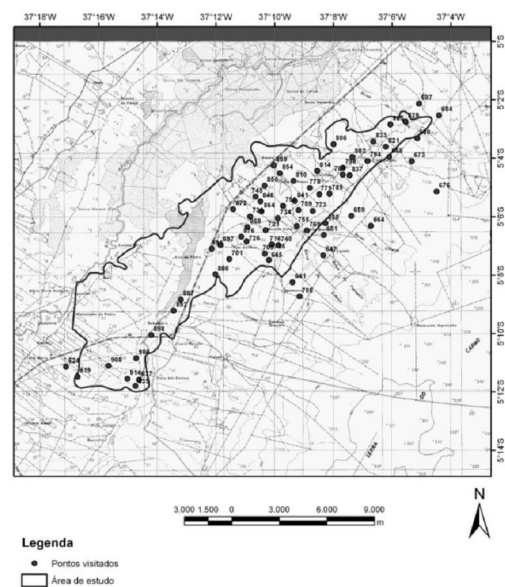


Fig. 1: Mapa de Geológico da Área de Estudo (Modificado de Farias *et al.*, 1990) e Mapa da Amostragem.



estabelecer em casas permanentes feitas de madeira ou de tijolos. E para seu sustento, além de contar com o gado e agricultura familiar, eles já estão começando a confiar no aumento do número de minimercados que abriram em locais dispersos em toda a área local.

Após vários anos totalmente desprotegidas, as instalações petrolíferas foram mais recentemente cercadas por malha de arame ou cercas, com os portões guardados e fechados, de modo a assegurar que a comunidade local, e animais soltos, sejam mantidos fora das áreas de exploração, estocagem e transporte.

MATERIAIS E MÉTODOS

A radiação Gama superficial foi medida através de dois espectrômetros radiação Gama RS-125 (cristal de NaI) e RS-230 (cristal de BGO) da Radiation Solutions. Por sua vez, o radônio nos gases de solo foi medido por emanometria ativa através do instrumento AlphaGuard da GENITRON. As medidas foram realizadas em

áreas de linhas de dutos, estações de tratamento de dejetos e de armazenamento, sobre linhas e operações de transporte e também em lama, solos, e resíduos de lamas de extração (Figura 2). A maioria das amostras de solos foi analisada tal como encontradas, isto é, sem pré-tratamento.

A emanometria passiva de gás Radônio 222 em residências da área foram medidas utilizando detectores sólidos do tipo eletretos de longo período (L E-PERM®) da RADELEC System e para a espectrometria de radiação Gama foi utilizado o RS 126 e 230. As medições ocorreram durante dois períodos de quatro meses na estação seca (Dezembro-Março). A maioria das habitações não possui forro e são cobertas por telha de cerâmica vermelha, com piso de cerâmica vitrificada ou de cimento.

Os eletretos mais sensíveis são usados para medidas de curta duração (ST Electret), e eletretos menos sensíveis são usados para medidas de longa duração (LT Electret). Os eletretos são conhecidos como “verdadeiros



Fig.02 - Equipamentos e Medições

integradores” por estarem constantemente coletando e “registrando” a geração de íons a partir do decaimento do Radônio dentro da câmara. A carga do eletreto é lida antes e depois da exposição, utilizando um voltímetro especial de baixa corrente para ler eletretos (A). A medição da diminuição da voltagem corresponde à ionização total referente ao período de exposição. (D) Espectrômetro de radiação Gama modelo RS-125 (NaTI) da TerraPlus.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A distribuição da radiação superficial Gama total, atividades de U, Th, K e da respectiva dose de radiação nas instalações de petróleo e do gás do Canto do Amaro são mostrados na

Figura 3. Os dados demonstram que cerca de 75% das amostras de resíduos apresentaram concentrações de U, Th e K dentro da faixa normal de concentração em solos (UNSCEAR, 2000). Cerca de 97% dos pontos amostrados emitem uma dose de radiação inferior a média da crosta terrestre (55 nGy/h).

As frequências cumulativas de Radônio nos solos, radiação Gama Total e da radiação Gama Total + Radiação Alfa (Radônio) são dadas na figura 3 e 4. As figuras mostram a distribuição de concentração de Rádío em cada tipo de resíduos. Cerca de 90% das amostras estudadas apresentaram uma concentração de ^{222}Rn e a respectiva dose de emissão Alfa emitida dentro da normalidade para os solos (UNSCEAR, 2000).

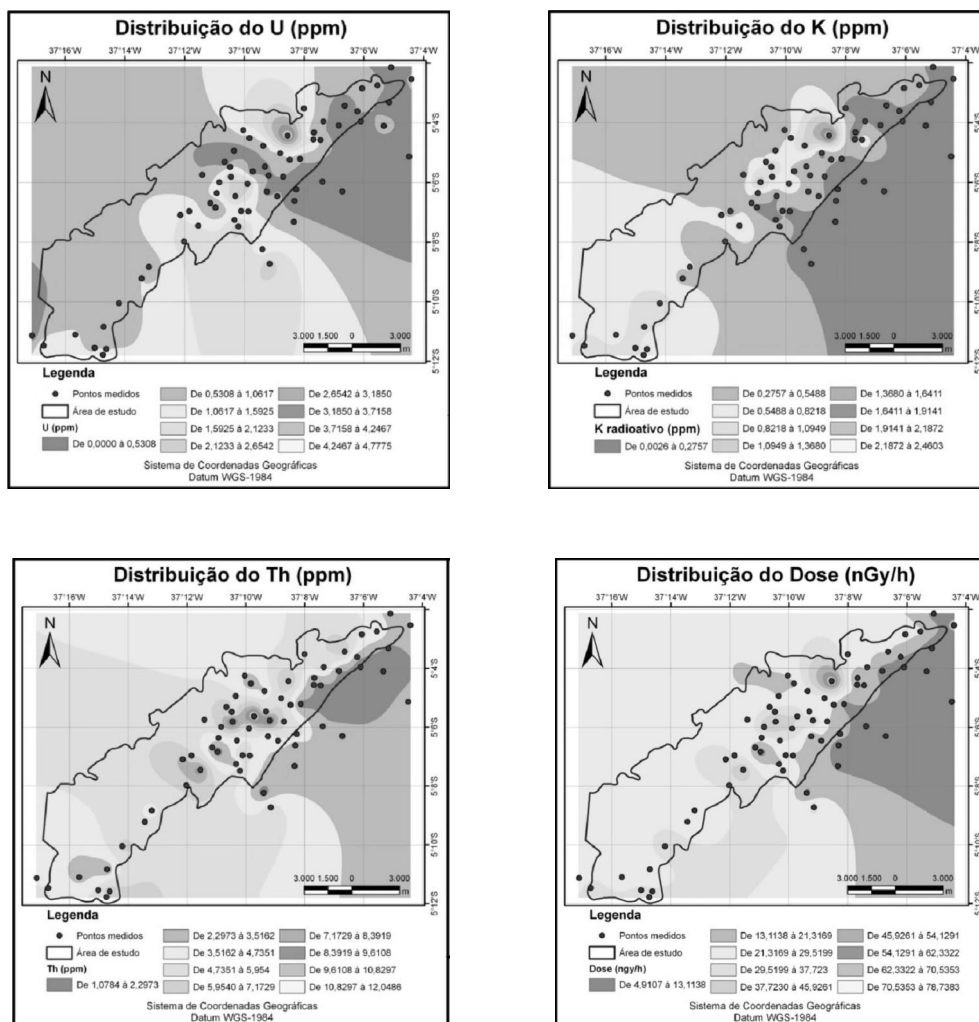


Fig. 3 - Mapas da Distribuição Espacial de U, K, Th e Dose emitida, na área estudada.

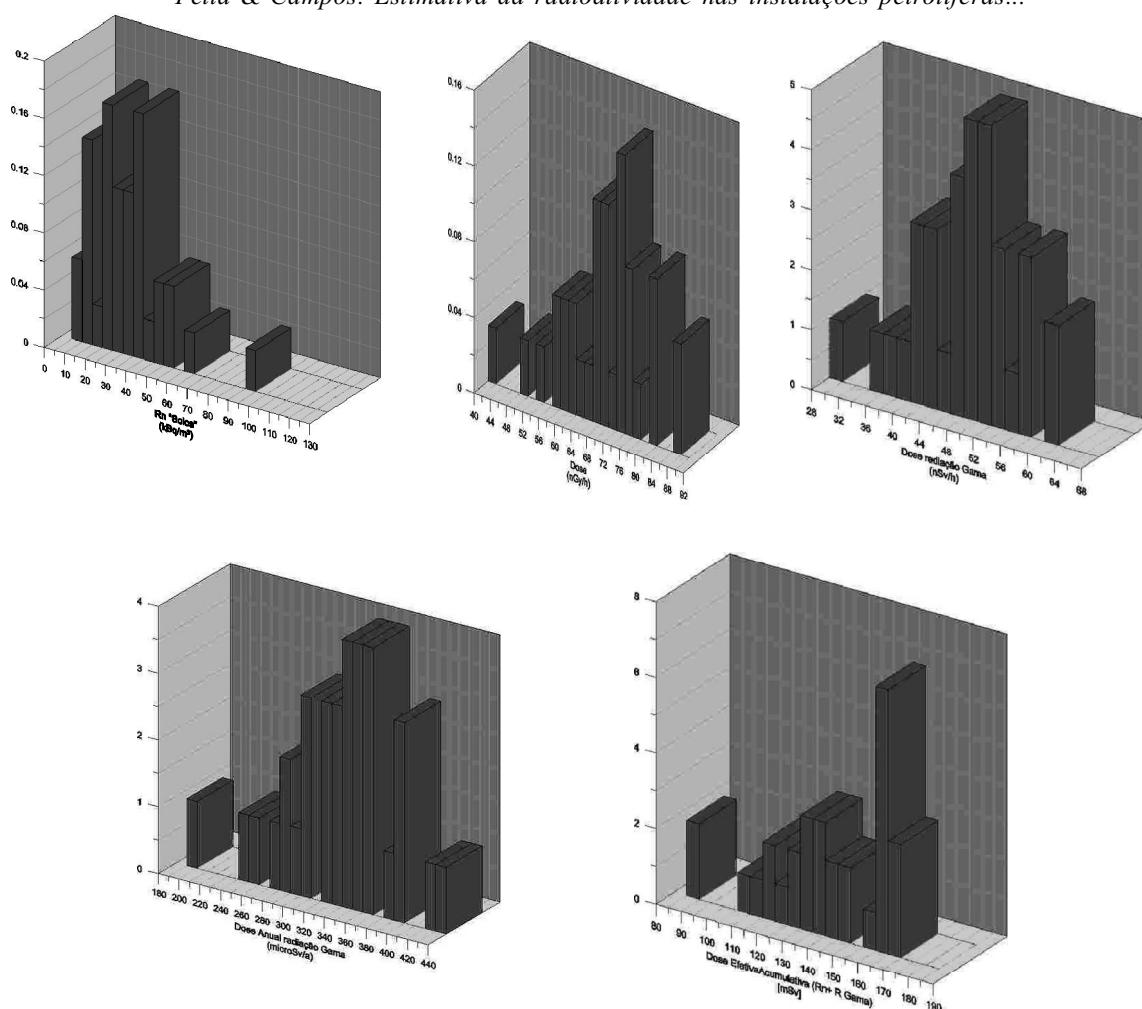


Fig. 4 - As frequências cumulativas de Radônio nos solos, radiação Gama Total e da radiação Gama Total + Radiação Alfa (Radônio)

No Sistema de Informações Georeferenciadas (SIG) elaborado foi possível se realizar a modelagem e a análise espacial da distribuição do problema estudado, e verificou-se que as instalações de exploração estudadas, na sua maioria apresentaram concentrações de atividade abaixo do nível de isenção, sem áreas de concentração de pontos acima do *background*. Porém nas áreas de transporte e estocagem, em alguns casos foram notificados valores acima do valor de isenção. Dessa forma, a prática investigada - exploração e produção de petróleo - não está isenta de focos de radioatividade (NORM e TENORM) e, portanto estará sujeita aos requisitos de controle especificados pelas

legislações nacionais e internacionais.

Cabe, então, à empresa exploradora a tarefa de controlar qualquer instalação que origine níveis de radioatividade elevada (principalmente a geração de TENORM), ou ainda onde haja práticas que deem origem a doses nos trabalhadores superiores aos limites primários para indivíduos do público.

CONCLUSÕES

Apesar desta avaliação da exalação de gás radônio neste campo petrolífero ser o primeiro estudo de seu tipo nesta área, e estar um pouco limitado em escopo, devido ao fato de termos obtido a concessão e permissão da Petrobrás

os acessos a um número limitado de sítios na área, podemos considerar os resultados obtidos como representativos do estado atual da área exploratória de uma forma total.

Diante dos dados levantados e das observações de campo, podemos concluir que a análise dos resultados alcançados nos permite ponderar que a maioria das instalações analisadas apresentaram concentrações de atividade abaixo do nível de isenção, com apenas algumas raras exceções de áreas com concentração de pontos acima do *background*.

Em específico nas instalações de exploração estudadas, na sua maioria apresentaram concentrações de atividade abaixo do nível de isenção, sem áreas de concentração de pontos acima do *background*, e isto pode ser interpretado como influência do “sistema aberto” onde estas são realizadas, ou seja, quase todas as práticas exploratórias ocorrem em campo aberto e ventilado, com pouca ou nenhuma possibilidade de concentração do radônio e seus descendentes.

Porém nas áreas de transporte e estocagem, em alguns casos foram notificados valores acima do valor de isenção, localizados em linhas de dutos quando juntam várias fileiras de ligação de poços em uma mesma árvore de distribuição, ou quando os instrumentos de estocagem estão muito próximos uns dos outros.

Sendo essa uma premissa que, apesar de esporádica, pode trazer consequências futuras, a prática investigada - exploração e produção de petróleo - não pode ser considerada isenta de focos de radioatividade (NORM e TENORM) e, portanto deverá se submeter aos requisitos de controle especificados pelas legislações nacionais e internacionais.

Existem condições reais onde as exposições podem ser elevadas se nada for feito no sentido de minimizar os efeitos atuais e

controlar possíveis problemas futuros.

Outro problema, que não foi focado neste estudo, mas que deve ser destacado, pois tem consequências graves à saúde dos trabalhadores, se refere ao nível rochoso com propriedades radiativas que foi identificado nos calcários da Formação Jandaira (Matsuda 1988, 1989).

Como é conhecido, rochas calcárias tem a propriedade de formar largas fraturas, espaços vazios, dolinas, cavernas etc. Estes são locais propícios para o acúmulo e consequente concentração do gás radônio.

Como não existe por parte das empresas que exploram petróleo na Bacia Potiguar nem o conhecimento específico do problema do radônio e muito menos das implicações destas concentrações em níveis radioativos; a exploração é realizada pelos trabalhadores sem nenhum equipamento de proteção e, portanto, com o risco de respirarem o radônio emanado destas estruturas no momento em que as sondas as ultrapassam e liberaram o gás para a superfície. O trabalhador desprevenido pode inalar o radônio e assim dar início ao processo cancerígeno.

Dessa forma, sugere-se que a empresa que explora a reserva petrolífera realize ações de acompanhamento e inicie o processo de planejamento e programação de um “Plano de Proteção Radiológica Ocupacional”, de modo que as doses recebidas pelos trabalhadores sejam tão baixas quanto possíveis, independentemente de quão rápida ou baixa seja a exposição.

Destacando-se a indicação de um estudo futuro mais detalhado e especificamente realizado nas áreas identificadas com valores anômalos, seriam recomendáveis que fossem adotadas pela empresa, ações para avaliação das instalações, por um período mínimo de cinco anos.

Levando em conta as considerações anteriores, e tomando por base a sugestão deste estudo, deve ser disponibilizado, pela Autoridade

Regulatória, algum tipo de guia, recomendação ou diretriz, de modo a regular e orientar os operadores na fase inicial. Adicionalmente, deve ser discutida e disponibilizada legislação mais ampla, levando em conta também os aspectos do meio ambiente e controlar as exposições ocupacionais dos trabalhadores e do público que habita esta área.

Sugerem-se estudos adicionais mais específicos e direcionados, de modo a melhor avaliar a influência e adequação do uso da concentração do radônio e na determinação do valor limite de atividade por unidade de massa a ser utilizado em futuros regulamentos.

Devem também ser desenvolvidos estudos para tratar e mitigar a questão de rejeitos resultantes da exploração e do transporte do petróleo, em especial dos tubos e materiais metálicos já utilizados nas linhas de transmissão de óleo e nas instalações de armazenagem e estocagem, e que são trocados ou retirados e por vezes dispostos empilhados nas áreas laterais de sua remoção. Como a quantidade gerada deste tipo de material acumulado, a depender das ocasiões, pode ser de ampla, e como estes podem conter impregnações de óleos e crostas de lama que podem conter materiais radioativos seria importante a sua avaliação antes do processo de descarte dos mesmos.

Sugere-se ainda a realização de medições constantes da concentração de radônio, principalmente na boca do poço quando recém-perfurado ou em perfuração, mas também nas linhas de transporte e nas instalações de exploração e armazenamento, a fim de verificar a situação do nível da radioatividade nestas instalações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP e ao CNPq pelo apoio fundamental no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IAEA Safety Report No. 49 “**Assessing the need for Radiation Protection Measures in Work Involving Minerals and Raw Materials**” The IAEA Safety Report No. 49 published in November 2006.
- CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. Ministério da Ciência e Tecnologia. NN 3.01 **Diretrizes básicas de proteção radiológica** (2005) Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br>> . Acessado em: Março de 2010.
- CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. Ministério da Ciência e Tecnologia. Posição Regulatória 3.01/007. **Níveis de intervenção e de ação para exposição crônica**. Rio de Janeiro, Brasil, 2005.
- EPA - <http://www.epa.gov/aboutepa/administrator.html> (acessado em Nov 2012)
- EPA - <http://www.epa.gov/radtown/drilling-waste.html> (acessado em Nov 2012)
- ICRP - International Commission on Radiological Protection. ICRP 106 **Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals**. Oxford: Pergamon Press, v. 38, n. 1-2, 2008.
- MATSUDA, N. S. 1988. Caracterização petrográfica, mineralógica e paleoambiental da anomalia radioativa associada às rochas carbonáticas do Cretáceo Superior da Bacia Potiguar, Rio Grande do Norte, Brasil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. Dissertação, 131p.
- MATSUDA, N. S.; VIVIERS, M.C. 1989. Caracterização do Marco Radioativo da parte superior da Formação Jandaíra, Bacia Potiguar. In: SBP, Congr. Bras. Paleontologia, 11, Anais, 1029-1041.
- WERNHAM A. Inupiat Health and Proposed Alaskan Oil Development: results of the First Integrated Health Impact Assessment/ Environmental Impact Statement for Proposed Oil Development on Alaska’s North Slope. *EcoHealth* 2007; 4(4):500-513.

UNSCEAR Report to the United Nations General Assembly.77 UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. **Effects of Ionizing Radiation**, anexo E, 2006. UNSCEAR Report to the United Nations General Assembly.

United Nations Environment Program (UNEP). The Oil Sector Report. A Review of Environmental Disclosure in the Oil Industry. United Nations Environment Program (UNEP)/SustainAbility's Engaging Stakeholders Series. London: UNEP, SustainAbility Ltd.; 1999.

SITES PARA CONSULTAS

IMGA Publications - www.medicalgeology.org

IAEA Publications - www.iaea.org

ICRP Publications - www.icrp.org

IUGS Publications- www.iugs.org

UNSCEAR Publications - www.unscear.org

USGS - www.energy.cr.usgs.gov

US EPA Publications – www.epa.gov

FPTRPC Publication- www.hc-sc.gc.ca

IMGA <http://www.medicalgeology.org/>



REVISTA DE GEOLOGIA



GARANTA o recebimento dos números da *REVISTA DE GEOLOGIA*

FAÇA uma assinatura anual

As instruções encontram-se no *site*

www.revistadegeologia.ufc.br

ASSINE