

SIG – Sistema Radipetro
Avaliação do Radônio em Comunidades do Canto do Amaro (Petróleo/RN)

Reinaldo Antônio Petta 1,2
Thomas Ferreira da Costa Campos 1,2

Universidade Federal do Rio Gde do Norte - UFRN
Caixa Postal 972 – 59072-970 – Natal-RN, Brasil
petta@ccet.ufrn.br

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
tcampo@geologia.ufrn.br

Abstract. The Radon natural radioactivity is one of the greatest public health problems at present. However its prevention and consequent mitigation can be controlled from the determination of possible risk factors that may contribute to its accumulation in homes or industrial compound. This paper examines specific Radon risk factors using Geomatics techniques to construct an environmental diagnosis of the features of public health and natural radioactivity in residences that are inserted or in the vicinity of Oil Field Canto do Amaro (Mossoró - RN). The distribution of Radon (interior) in these homes and the definition of "Radon Risk" was measured through emanometric sampling (active and passive) and spectrometric measurements of regional surface of radioactivity range, by defining what are the radioactive elements responsible for the Gamma Total (U, Th and K) and alpha radiation (222Rn). Prepared in two missions (dry and wet season) data were collected in the oil field and on neighbor region to detect the variation of natural radioactivity and establish the background regional values used for evaluation of results. The conclusions show that about 50 % of the homes studied have average values of radon above the limit permitted by international organizations , which provide an average rate of radiation (Gamma Alpha +) of 64.5 mSv for 30 years. Based on this review, it was identified that the population near the oil field "Canto do Amaro" is exposed to a risk of Natural Radiation of medium to high grade. The analysis of geological data and regional radioactivity shows that the depth of Limestone Jandaíra had no significant relationship with the accumulation of residential Radon. However, the characteristics of the underlying area, such as the water flows underground, cracks, fissures and caves, probably facilitate the transport and accumulation of Radon gas and can play a significant role in the irregular pattern of Radon detected anomalies reported in some karst. However, it is also possible that there is another source of Radon closer to the surface that could elucidate further research. The house size was not identified as a risk factor, but older and smaller homes had higher number of anomalies

Key Words : GIS, Oil , Mossoró , Radon , Natural Radioactivity

ÁREA DE ESTUDO

O campo de petróleo denominado de Canto do Amaro é explorado pela Petrobrás e está inserido nos municípios de Mossoró, Areia Branca e Serra do Mel, todos no RN. (Fig. 1). Geologicamente esta área está inserida na Bacia Potiguar, formada a partir do fraturamento do super Continente Gondwana, que resultou num Rift Neocomiano NE-SW, coberto por sedimentos neocretáceos e terciários.

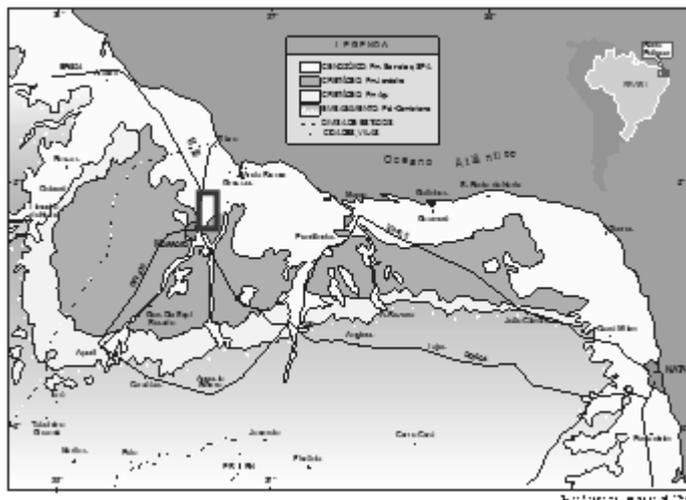


Figura 1: Mapa de Geológico da Área de Estudo e vias de acesso. (Mod.Farias et al 1990)

O Campo do Amaro é o maior campo terrestre produtor de petróleo 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, em uma área de 250 Km². Esta área possui no seu interior uma população expressiva de pessoas que ali habitam ou trabalham e convivem com estas atividades extrativistas e de tratamento do óleo.

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial de Saúde (World Health Organization – WHO) classifica o Radônio (²²²Rn) como carcinógeno humano (nível A1), sendo o maior contribuinte para a dose de radiação ionizante recebida pela população (55% da radiação incidente no ser humano), e responsável por 3 a 14% dos casos de câncer de pulmão (WHO, 2009) com mais de 22 mil mortes anuais, somente nos EUA. A WHO afirma ainda que a possibilidade desse tipo de câncer potencializa-se em função da idade, taxa de exposição, existência de outro carcinógeno, inflamação das vias aéreas e exposição à fumaça do cigarro.

Segundo a especificações da World Nuclear Association – WNA (Nuclear Radiation and Health Effects), pessoas em todo o mundo são expostas a aproximadamente 0,2 mSv/a, e às vezes acima de 3 mSv/a, a partir da inalação do gás Radônio, sem efeito nocivo à saúde aparentemente. Por ser um gás, o Radônio produzido no interior de rochas e solos se difunde com facilidade através de fissuras, tubulações, buracos e lençóis freáticos até alcançar a superfície terrestre, penetrando facilmente nas casas. Dessa forma, altas concentrações de ²²²Rn podem ocorrer em ambientes fechados ou pouco ventilados e, assim, representar risco potencial à saúde da população que frequenta ou vive nesses locais.

A International Commission on Radiological Protection (ICRP) estimou a expectativa de concentração no interior das residências, em circunstâncias normais, para uma variação de 10 a 100 Bq/m³ para o ²²²Rn e 2 a 20 Bq/m³ para o Radônio-220, também conhecido como Torônio. Atualmente usa-se o limite de 100 Bq/m³ adotado pela WHO (2009). Em ambiente externo a estimativa deve estar em valores <7 Bq/m³ para ambos os isótopos. Na água potável, a concentração de ²²²Rn não deve exceder 0,1 Bq/L. Apesar de ter sua posição cada vez mais questionada, os padrões de proteção contra a radiação assumem que qualquer dose, independente de quão pequeno seja esse valor, envolve a possibilidade de risco à saúde humana.

Segundo dados da Funasa 2010 e da Secretaria Estadual de Saúde do Rio Grande do Norte, no ano de 2008, os cinco grupos de causa de óbitos mais frequentes, excluindo as causas não identificadas foram: As doenças do aparelho circulatório com 25,4% as neoplasias

em 2º lugar com 13,85% as causas externas em 3º lugar com 12,9%, em 4º lugar as doenças do aparelho respiratório com 9,5% e em 5º lugar as doenças do aparelho digestivo com 4,82%. Entre as neoplasias as cinco principais causas de óbitos em 2008 foram às neoplasias malignas do pulmão (traqueia e brônquios), de estômago, próstata, mama e meninge encefálica. Quanto ao sexo observamos a predominância de óbitos do sexo masculino, com a maior taxa de mortalidade pelo câncer de próstata, já no sexo feminino aparece a neoplasia maligna de mama. Nestas estatísticas, o município de Mossoró aparece com uma taxa de 64 mortes (câncer) por cada grupo de 100 mil habitantes.

Tendo o foco nestas observações, o objetivo desta pesquisa foi realizar a monitoração passiva e integrada do gás Radônio em residências da área do campo de petróleo "Canto do Amaro" (RN), utilizando a técnica de medição com avaliação prolongada. Neste trabalho foi utilizado o método de emanometria passiva de do Radônio Domestico (interior) a fim de avaliar se os níveis de concentrações encontrados ali estão acima do limite máximo recomendado internacionalmente, indicando ou não a necessidade de ações corretivas e de intervenção.

METODOLOGIA

O Canto do Amaro foi escolhido como área de trabalho devido à necessidade desta avaliação, uma vez que nunca havia sido realizada uma estimativa da radioatividade natural na área, e também porque esta região é alvo de um projeto integrado da Rede Norte-Nordeste de Petróleo e Gás (Finep-CNPq-CTPetro) que desde 2004 avalia os riscos ambientais inerentes a exploração e transporte do petróleo, e necessitávamos destes dados para balizar novas interferências ambientais na área.

Na região estudada as quatro estações não são aparentes, distinguindo-se apenas dois períodos, um seco e outro chuvoso. A pesquisa buscou fazer medições durante cada um desses dois períodos. Foram realizadas duas expedições de campo. A primeira expedição foi realizada no início de Fevereiro de 2010. Foram distribuídos 35 eletretes em 35 residências da zona do Canto do Amaro. As residências foram escolhidas de forma aleatória, com a ajuda e um agente de saúde do município que acompanhava a equipe. A retirada dos eletretes para leitura e análise dos dados coletados foi realizada três meses após a sua colocação. A segunda expedição foi realizada no início de Setembro de 2010 e os eletretes também retirados após três meses.

Instrumentação utilizada: (i) Dosímetros sólidos tipo Eletretes®, E-PERM® System da RADELEC-USA, configuração LT (long-term electret, dosímetros de longa duração, Fig. 2 a); (ii) Dosímetros de referência, E-PERM®; (iii) Leitor de dosímetros, modelo SPER-2® Microprocessor Electret Reader, E-PERM® System (Fig. 2 b); (iv) Câmaras L (long term), 53 mL, E-PERM® System, ideais para medidas de longa duração (Fig. 2 c); (v) Nitrogênio comprimido para a limpeza dos dosímetros; (vi) WinSper, software do Sistema E-PERM®; (v) Planilha com as fórmulas para os cálculos (Excel); (vi) GPS Leika (L1/L2 RTK).

O procedimento para a emanometria passiva nas atmosferas de habitação e locais de trabalho ("Radônio interior") consistiu dos seguintes passos: (A) Confecção de uma planilha com código de referência do dosímetro, caixa, data inicial/final, hora inicial/final, leitura inicial/final, responsável, endereço e coordenadas geográficas; (B) Limpeza dos dosímetros com o gás nitrogênio comprimido; (C) Verificação da calibração do leitor SPER-2® através dos eletretes de referência; (D) Leitura dos dosímetros, anotação da leitura inicial, rosqueamento do dosímetro na câmara de 52 mL, vedação da abertura de entrada do ar e rotulação por número de caixa;

Em campo, foi realizada a colocação das câmaras com o eletrete embaixo da cama de cada residência, sendo pendurada na grade de apoio do colchão, abertura do orifício para a entrada do ar, identificação do número da caixa, anotação de data e hora inicial, responsável

pela residência, endereço e coordenadas geográficas. Esta configuração segue as normas da Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA), isto é, o eletrete deve ficar afastado das paredes mais de 1 m, acima do piso cerca 30 cm e no local da habitação onde as pessoas passam mais tempo, isto é no quarto de dormir. O equipamento é, portanto instalado debaixo da cama para medir o Radônio presente no quarto, uma vez que, proporcionalmente, esse cômodo é onde se passa a maior parte do tempo (uma média de oito a dez horas diárias), logo, este seria o período de maior exposição constante.

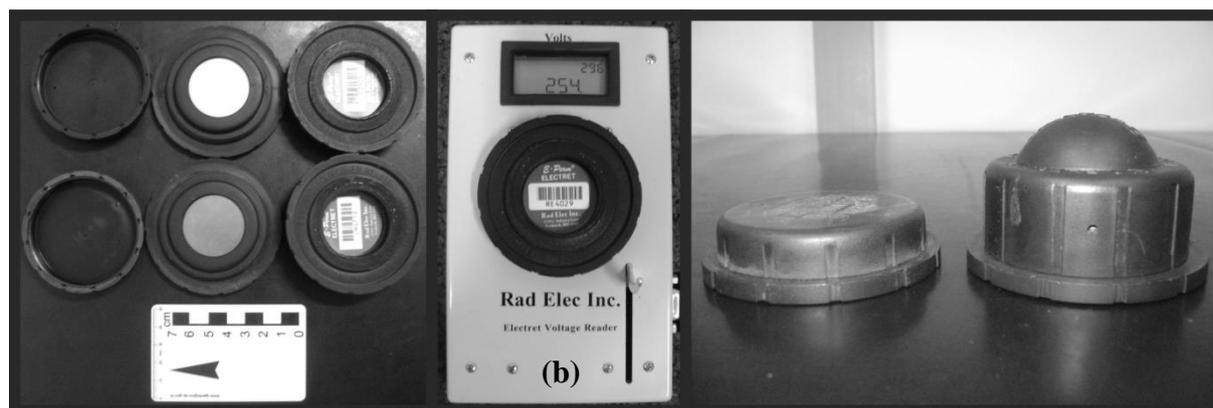


Figura 2: (a) Dosímetros sólidos para a medição do gás Rn, tipo Eletretes®. O dosímetro com disco branco e fundo azul tem configuração ST, sendo utilizado para medições de curta duração, enquanto que o dosímetro com disco metálico e fundo vermelho apresenta configuração LT e é utilizado para medições de longa duração. À esquerda dos dosímetros está a tampa protetora. (b) Leitor de dosímetros, modelo SSPER-2®. (c) Eletrete com a tampa protetora, à esquerda, e rosqueado à câmara L, de 53 mL, à direita.

Após um período mínimo de três meses de instalação dos dosímetros (a fim de garantir a representatividade dos dados), foi realizado o retorno para a coleta dos equipamentos, identificação do número da caixa, responsável e endereço, vedação do dosímetro com papel alumínio e anotação de data e hora final. Os equipamentos coletados foram levados ao laboratório LARANA na UFRN, para verificação da calibração do leitor com os dosímetros de referência SPER-2®, leitura dos dosímetros de campo e anotação da leitura final. Após seu uso os eletretes foram limpos com o nitrogênio comprimido e armazenados com a respectiva tampa protetora em estufa para futuras avaliações.

PROCESSAMENTO DOS DADOS.

Para a leitura dos aparelhos foi utilizado o leitor de eletrete SPER-2® que se trata de um equipamento desenvolvido pela Rad Elec Inc. que não entra em contato com o teflon carregado do dosímetro. A configuração utilizada do equipamento E-PERM® para a medição de Radônio nas moradias foi do tipo LLT (a primeira letra corresponde ao tipo de câmara utilizada e as duas últimas ao tipo de eletrete), ideal para medições de longa duração. Para monitoramento de Radiação Gama regional foi utilizado um Espectrômetro de Radiação Gama RS-125 Super-SPEC, da Radion Solutions Inc.; e o Software RS-Analyst. Os dados de gamametria são necessários para se estabelecer o background de radiação gama local e regional usada posteriormente nos cálculos de concentração e dosimetria para o Radônio. O background (Bg) utilizado na pesquisa foi obtido através da dose (nGy/h) de radiação gama medida pelo espectrômetro. No software RS-Analyst é possível, através número do assay, obter informações de data, hora, coordenadas do local onde a medição foi realizada, altitude,

temperatura, gamanometria total das atividades dos radionuclídeos equivalente: % K em %, U e Th em ppm, dose em nGy/h.



Figura 03 - Coleta dos Eletretes e embalagem em papel alumínio

Tendo sido feita a leitura final dos eletretes, os dados foram lançados em uma planilha do software Microsoft Excel® com as fórmulas para os cálculos e transformações necessários para gerar os resultados. A estatística e os cálculos de mediana, média, máximo, mínimo e desvio padrão das concentrações de Radônio (Bq/m^3) foram executadas no Excel usando suas funções padrões de cálculos estatísticos. Os resultados obtidos através dessa planilha foram comparados com os resultados obtidos pelo software do equipamento, o WINSPER Data Base Software, a fim de verificar e corrigir possíveis erros de cálculo.

RESULTADOS

Os gráficos da figura 04 apresentam um resumo dos resultados obtidos para a concentração de Radônio nas moradias para os dois períodos, comparando os resultados para os cálculos de mediana, média, máximo, mínimo e desvio padrão das concentrações de Radônio (Bq/m^3).

Os teores de "Radônio Doméstico" foram especializados em um SIG que permitiu visualizar que as doses encontradas nos ambientes internos estudados neste trabalho variaram entre 50 e 265 Bq/m^3 (média A: 109; Média G: 101; Mediana: 100; Desvio P: 46), avaliando-se que 50% das residências estudadas possuem valores de Radônio acima do limite admitido pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2009). Contudo, não ultrapassam o limite preconizado para se efetuar "ações emergenciais" de intervenção nos locais estudados.

DISCUSSÃO

O método utilizado na pesquisa para o monitoramento do gás Radônio nas habitações do Canto do Amaro, RN, requer cuidado na manipulação de dados. Apesar dos cálculos de erro sugeridos pelo próprio manual do equipamento do E-PERM® System, o sucesso da pesquisa depende da boa vontade dos residentes em não violar o equipamento e mantê-lo no mesmo local onde foi colocado. Ademais, os resultados são influenciados também por outros fatores, como tipo de material utilizado na construção da moradia, o tipo de piso, presença/ausência de forro, a circulação de ar no ambiente, etc.

Mesmo com a utilização do critério de exclusão dos índices extremamente anômalos, a média da concentração de Radônio ainda foi alta no segundo período, identificando-se alguns valores acima de 200 Bq/m³. A WHO, 2009 propõe que a concentração de Rn indoor deve se encontrar abaixo de 100 Bq/m³, não devendo de forma alguma ultrapassar o valor de 300 Bq/m³.

Com relação à taxa de dose efetiva anual das radiações naturais (Radiação Gama + Alfa) nas residências se obteve valores entre 1 e 5 mSv/ano (Med: 2,12; Média G: 2,15 e Média A: 2,26; Desvio P: 0,82). Consequentemente, 17% das residências possuem valores acima da média anual mundial preconizada pela UNSCEAR que é de 2,4 mSv/a. Para indivíduos que trabalham em atividades que podem se expor radioatividade, o CNEN (Norma CNEN-NN-3.01) especifica que a dose efetiva de radioatividades não pode exceder o limite de 20 mSv (média aritmética) em um período de 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano. Os nossos resultados preveem uma taxa média de 64,5 mSv para 30 anos.

Na distribuição dos dados espacializados no SIG pode-se notar que não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de Radônio em relação à profundidade do Calcário Jandaíra e houve muito pouca relação entre as variáveis. Os altos e baixos valores de Radônio residenciais são intercalados ao longo da área de estudo. Este resultado pode ser interpretado como 1) interações do karst com o movimento do Radônio da fonte para a superfície, ou 2) há uma outra fonte que não pode ser documentada. Características que estão presentes no calcário, tais como fissuras, fendas e cavernas, podem permitir que o Radônio seja diferencialmente transportado rapidamente através do terreno e em direção à superfície e isto pode interferir nos resultados.

A estatística espacial tratada no SIG ArcGis mostra que os dados são distorcidos por alguns "outliers" extremos e esse problema deverá ser superado em estudos futuros, uma vez que na Geoinformática mais dados disponíveis podem ser adquiridos e integrados ao sistema SIG. No entanto, estes valores elevados são fundamentais para a indicação de potencial "pontos quentes" causados por fissuras ou outras características cársticas e assim sendo, eles não foram removidos ou corrigidos durante a análise.

Casas construídas há mais tempo apresentaram medições de Radônio maiores em comparação com casas construídas mais recentemente, além disso, as casas próximas às instalações petrolíferas apresentaram medições de Radônio pouco maiores do que casas distantes das instalações.

A relação entre o parâmetro de tamanho de casa e os valores do Radônio não foi estatisticamente significativa, e observou-se que o tamanho da casa não teve influência significativa no nível do gás Radônio. A suposição que casas maiores e mais isoladas apresentariam menores valores de Radônio não foi apoiada porque não houve diferença estatisticamente significativa para o tamanho da residência. Este resultado foi inesperado, e uma possível razão para este resultado é que havia poucas casas neste estudo que estavam acima de 80 metros quadrados. Apenas 14 testes foram realizados nestas casas maiores.

CONCLUSÕES

Os valores encontrados para o "Radônio Interior" nas habitações do Campo Petrolífero do Canto do Amaro ficaram em uma faixa que pode ser aferida como acima da normalidade. Cerca de 50% das residências estudadas possuem valores médios de Radônio acima do limite admitido pelos organismos internacionais (WHO, 2009; UNSCEAR, 2000, ICRP 60, 1993). Foi observado também que as medidas realizadas no período de chuvoso (inverno nordestino) notificaram certa diminuição nas concentrações de Radônio, comportamento também relatado em outras partes do mundo. No NE do Brasil temos clima tropical, em que mesmo no inverno as portas e janelas são mantidas abertas. Na Europa e nos Estados Unidos, devido ao clima

frio, o ar do ambiente interior das residências é mantido fechado por longo tempo. A ventilação é importante porque a troca de ar dilui o Radônio.

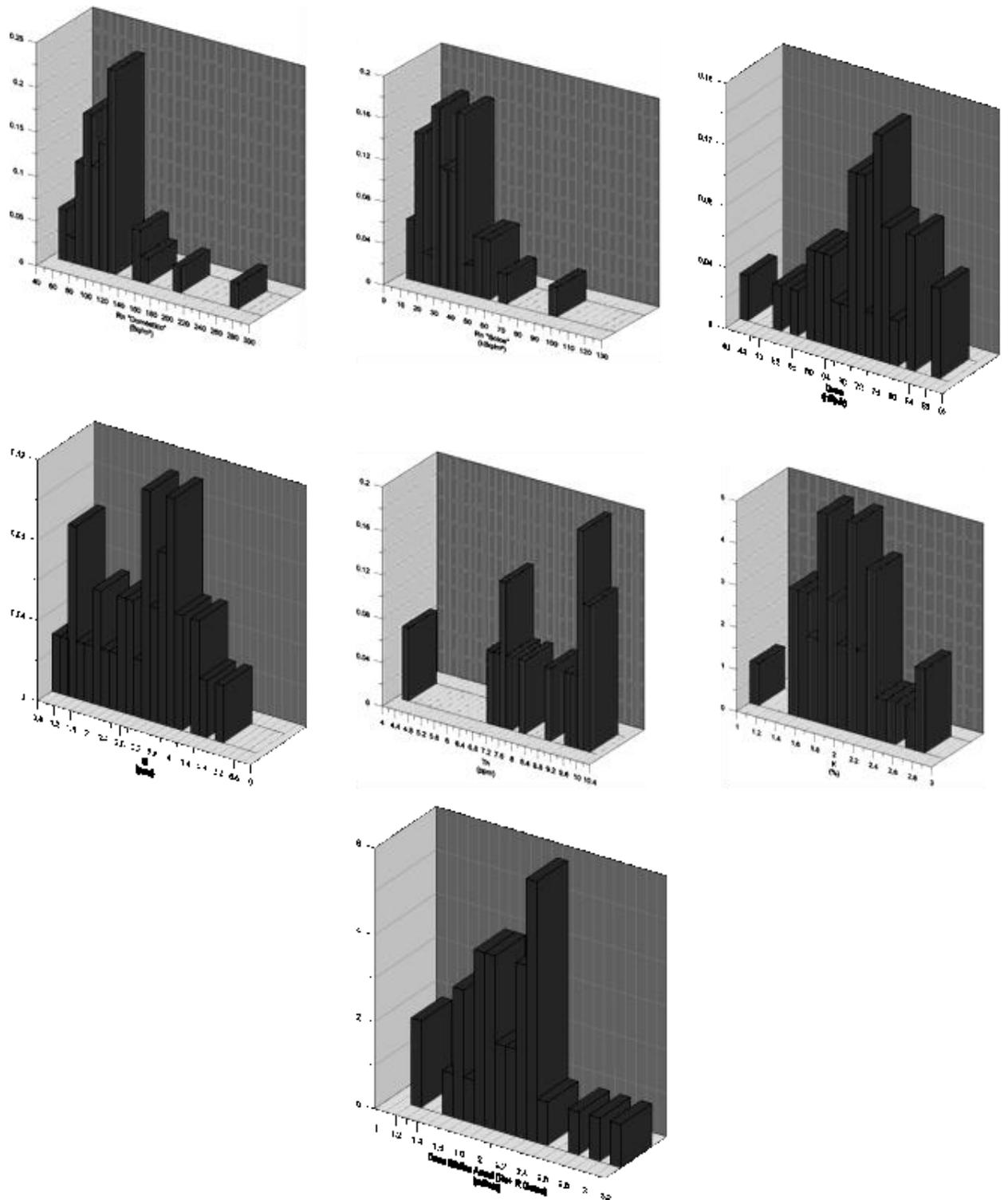


Fig. 04: Gráficos dos resultados obtidos para a concentração de Radônio e de radiação Gama nas moradias (Média para os dois períodos)

Em uma análise comparativa com os padrões internacionais mencionados acima, podemos concluir que os resultados obtidos para as residências da área estudada, indicam que os níveis de Radônio interior podem ser considerados de médio a altos, visto que podemos considerar que as medições foram realizadas em “ambiente aberto”. Contudo, não ultrapassam o limite preconizado para se efetuar "ações emergenciais" de intervenção nos locais estudados.

Entretanto de acordo com o postulado de que toda a quantidade de radiação produz algum efeito no ser humano, deve-se considerar a existência de um risco associado a qualquer procedimento que envolva radiação de baixo nível, não importando quão baixa seja a dose. A Norma CNEN-NN-3.01 (Alterada pela Resolução CNEN 114/2011) estabelece para um “indivíduo ocupacionalmente exposto” que a dose efetiva de radioatividades não pode exceder o limite de 20 mSv (média aritmética) em um período de 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

Os nossos resultados preveem uma taxa média de radiação (Gama + Alfa) de 64,5 mSv para um período de 30 anos, o que nos permite concluir que a população das imediações do campo petrolífero do “Canto do Amaro” da Bacia Potiguar está exposta ao um risco de Radiação Natural que, a depender da área, pode variar de médio a alto.

BIBLIOGRAFIA

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.

FUNASA - Impactos na Saúde e no Sistema Único de Saúde - Relatório Final 2010 - http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/estudosPesquisas_ImpactosSaude.pdf (Acessado em: Maio de 2012)

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.

ICRP - International Commission on Radiological Protection. ICRP 106 Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. Oxford: Pergamon Press, v. 38, n. 1-2, 2008.

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.

WHO – World Health Organization. Handbook on Indoor Radon. A Public Health Perspective, Switzerland: WHO press, 2009

WNA - World Nuclear Association - Nuclear Radiation and Health Effects - <http://www.world-nuclear.org/> (Acessado em: Maio de 2012)