



O gás radônio e a radiação natural em terrenos metagraníticos e pegmatíticos: o caso do município de Lages Pintadas (Rio Grande do Norte, Brasil)

T.F.C. Campos¹, R.A. Petta¹, A. Malanca¹, V.F.S. Pastura³, S.E. Sichel⁴, A. Motoki⁵

Recebido em 30 de setembro de 2013/ Aceito em 26 de dezembro de 2013

¹Laboratório de Radioatividade Natural / Universidade Federal do Rio Grande do Norte (LARANA/UFRN); ²Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN); ³Universidade Federal Fluminense (UFF); ⁴Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) - Autor para correspondência: thomascampos@geologia.ufn.br

Resumo

O “Radônio Interior” (*Indoor radon*) é um importante fator de risco ambiental para se contrair câncer de pulmão. A cidade de Lages Pintadas (Rio Grande do Norte-Brasil) apresenta alta incidência de câncer em relação aos municípios vizinhos. Geologicamente a região é formada por rocha metagraníticas e pegmatíticas. Neste trabalho apresentam-se os resultados de 210 detectores passivos de Radônio, distribuídos nas residências urbana do do referido município. As medições ocorreram durante dois períodos de 4 meses na estação-seca (Dezembro-Março). As habitações não possui forro, são cobertas por telhas de cerâmica, piso de cimento e/ou cerâmica. O Radônio Interior para os dois períodos, apresentou uma variação de 15 a 2893 Bq/m³ (MED: 288; MA: 566; MG: 291; DP: 625). Sendo que no primeiro período, o Radônio variou entre 11 a 4055 Bq/m³ (Med: 228; MA: 803; MG: 298; DP: 993) e no segundo período apresentou um intervalo de variação maior devido à ocorrência de “chuvas fora-de-época (intervalo de 7 a 3792 Bq/m³; Med: 320; MA: 750; MG: 284; DP: 920). Por conseguinte, todas as habitações estudadas excederam o nível de ação 100 Bq/m³ para o Radônio-Interior (WHO, ZEEB II & SHANNOUN III, 2009). A radiação Gama no interior das habitações variou entre 16-109 nGy/h (MG: 78; DP:17) e foram considerados normais. Atribuíse os valores altos de “Radônio Interior” ao fato de que o município de Lages Pintadas se desenvolveu em cima de vários afloramentos de corpos pegmatíticos, que são naturalmente enriquecidos e Urânio.

Palavras-chave: Radônio, Rochas Metagraníticas e Pegmatíticas, Geologia Médica

Abstract

RADON GAS AND NATURAL RADIATION IN METAGRANITIC AND PEGMATITE TERRAINS: THE CASE OF THE MUNICIPALITY OF LAGES PINTADAS (RIO GRANDE DO NORTE BRASIL)

The Indoor Radon is an important risk factor for environmental contracting lung cancer. The city of Lages Pintadas (Brazil) has a high incidence of cancer in relation to neighbouring municipalities. Geologically the region is formed by metagranitic and pegmatitic rocks. This paper presents the results of 210 passive Radon detectors, distributed in the urban municipality of residences of cited city. Measurements occurred during two periods of 4 months in dry season (December-

March). The room has no roof, with ceramic tiles, cement floor and/or ceramic. The Indoor Radon for two periods ranging between 15 to 2893 Bq/m³ (MED: 288; AM: 566; GM: 291; SD: 625). For the first measurement, the level varied between 11 to 4055 Bq/m³ (Med: 228; AM: 803; GM: 298; SD: 993), but for the second measurement, there are greater dispersion of data due to the occurrence of rain out-of-season, ranging 7 to 3792 Bq/m³ (Med: 320; AM: 750; GM: 284; SD: 800), but for the second sentence there has been greater dispersion of data due to the occurrence of rain out-of-season with 7 range on 3792 Bq/m³ (Med: 320; AM: 750; GM: 284; SD: 920). Therefore, all the dwellings studied exceeded the level of action 100 Bq/m³ for indoor Radon (WHO, ZEEB II & SHANNOUN III, 2009). Gamma radiation of dwellings varied between 16-109 nGy/h (MG: 78; DP: 17) were considered normal. The high values of "Indoor Radon" is due that the city of Lages Painted developed upon several outcrops of pegmatite bodies, which are naturally enriched and uranium.

Keywords: Radon, Metagranite and Pegmatite Rocks, Medical Geology.

INTRODUÇÃO

A Geologia Médica se baseia na premissa de que existe uma correlação intrínseca entre os materiais e processos geológicos com a saúde do homem, animais e plantas. O Radônio é um gás radioativo proveniente da desintegração do Rádío (Ra 226 e Ra 228), ambos pertencem a cadeia de desintegração radioativa do Urânio 238 e do Tório 232, respectivamente. Um "pool" de estudo epidemiológico internacional realizado sobre uma coorte de mineiros de urânio demonstrou que a exposição contínua ao gás Radônio aumenta fortemente o risco de se contrair câncer de pulmão. O "Radônio Interior" foi identificado como o mais importante fator de risco ambiental para o câncer de pulmão. Conseqüentemente, a Organização Mundial de Saúde (WHO; ZEEB II & SHANNOUN III, 2009), o Conselho de Ciências da Associação Médica Americana (AMACS), a Agência para Substâncias Tóxicas e Registo de Doenças (ATSDR; KEITH et al., 2008), a Comissão da Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica (UNSCEAR, 2000) e a Comissão Internacional para a Proteção Radiológica (ICRP, 1991) classificaram o gás Radônio como um Agente Carcinógeno Humano nível 1A, pois exposições prolongadas ao Radônio e seus produtos de decaimento radioativos podem provocar câncer pulmonar e que nenhum nível de radônio pode ser considerado seguro, isto é, "O risco de se desenvolver câncer do pulmão é diretamente proporcional aos níveis e tempo de exposição ao Radônio e quanto mais alta for a

concentração desse gás, mais alto o risco de se contrair câncer do pulmão". Por sua vez a Organização Mundial de Saúde (ZEEB II & SHANNOUN III, 2009) estima que 1 a 3 em cada 100 pessoas que, durante a sua vida, inalem ar com concentrações de Radônio não inferiores a 100 Bq/m³ incorrem no risco de contrair câncer de pulmão. A dose efetiva anual de exposição à radiação natural da população humana varia entre 1 a 15 mSv, com média estimada em 2,4 mSv (ZEEB II & SHANNOUN III, 2009). O município de Lages Pintadas no Rio Grande Norte-Brasil apresenta uma incidência de diferentes tipos de câncer anormalmente alta (incluindo o câncer de pulmão) em relação aos municípios vizinhos. Este município se encontra inserido na região do Semiárido Nordeste, em uma área mineira geologicamente conhecida por Província Pegmatítica da Borborema (PPB). Neste trabalho apresentam-se os resultados de um estudo piloto, visando fornecer subsídios, no domínio ambiental e de saúde pública, ao município de Lages Pintada-RN sobre a distribuição do agente cancerígeno Radônio e seus descendentes nas habitações das áreas urbanas e rurais do referido município.

LOCALIZAÇÃO

O Município de Lages Pintadas, Rio Grande do Norte (Brasil) localiza-se no extremo norte da Província Pegmatítica da Borborema (Fig.1). A referida província está situada na Mesoregião

do Seridó, entre os Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, e possui uma quantidade apreciável de corpos pegmatíticos (cerca de 2.500), distribuídos numa área de aproximadamente 6.000 km², de aspecto grosseiramente fusiforme, é considerada uma das mais significativas província mineral do Brasil, devido a presença de corpos pegmatíticos (rochas que abrigam diversos tipos de minerais metálicos de uso industrial e gemas, com grande variedade e

feldspato, quartzo, mica, gemas e caulim). Estes minerais têm um peso preponderante na economia de vários municípios da Paraíba e Rio Grande do Norte e o seu aproveitamento econômico é uma das principais fontes de renda das famílias que vivem na região, através da atividade garimpeira que atua como suporte a diversos setores produtivos como cerâmica, siderurgia, metalurgia, petroquímica, construção civil, etc.

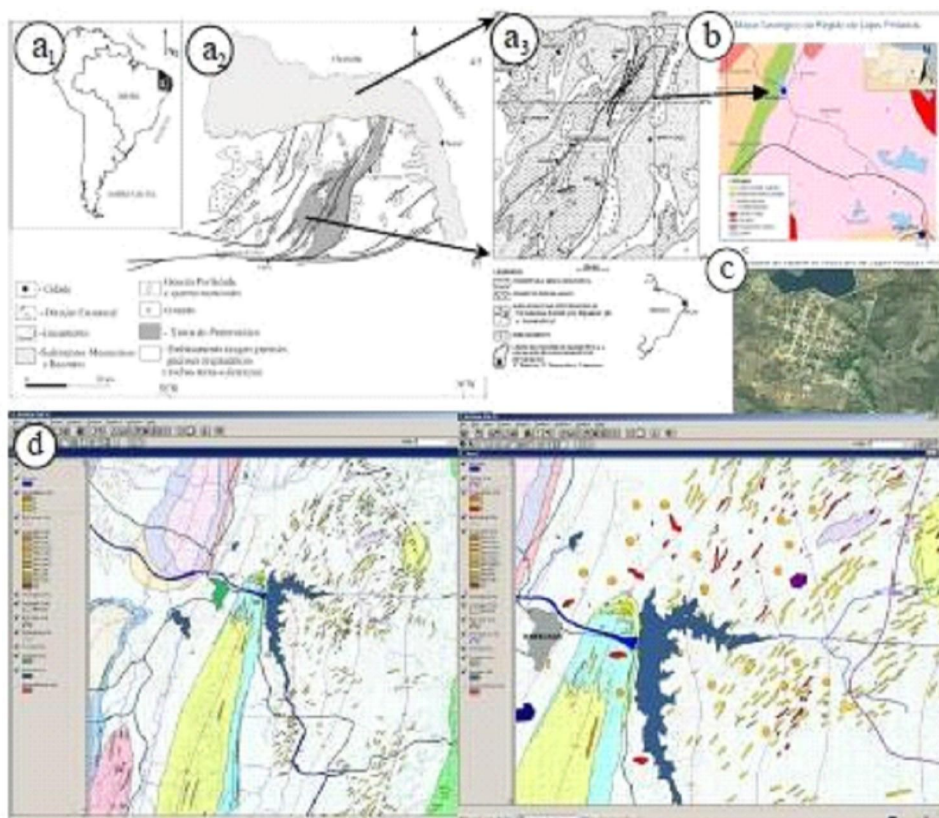


Figura 1: a1) Localização da Província Borborema e a região do Seridó, a2) Mapa geológico da região do Seridó, a3) Esboço geológico da Província Pegmatítica da Borborema e seu limite geológico (Beurlen et al, 2009), b) Esboço geológico da região do município de Lajes Pintadas-RN; c) Imagem de satélite do Município de Lajes Pintadas; E) Esboço geológicos de alguns copos pegmatíticos radioativos da Província Pegmatítica da Borborema.

MATERIALE MÉTODOS

A emanometria passiva de gás Radônio ²²² em residências da zona urbana e rural foram medidas utilizando-se o Sistema da RADELEC, que usa detectores do tipo electret de longo período (Fig. 2A, B e C). Os electretes são

conhecidos como “verdadeiros integradores” por estarem constantemente “coletando e registrando” a geração de íons a partir do decaimento radioativo do Radônio no interior da câmara. Para efeito de cálculo da concentração do

do Radônio na atmosfera, a carga do electrete é lida antes e depois do período de exposição, através de um voltímetro especial para ler electretes (fig.2A).

Onde a diferencial de voltagem corresponde à ionização total referente ao período de exposição. Os electrets mais sensíveis são usados para medidas de curta duração (ST Electret®), e electrets menos sensíveis (LT Electret®) são usados para medidas de longa duração. Por sua vez, a radiação natural foi medida através de espectrômetros de radiação

Gama (RS-125 com cristal de NaI e RS-230 com cristal de BGO da TerraPlus Inc, Canadá) a cerca de 50 cm da superfície (Fig.2d). A espectrometria da radiação Gama (U, Th e K) corresponde a média de emissão de todo material existente em um raio de 1,5 m. (Fig. 2d). As medições foram efetuadas durante dois períodos de 4 meses durante a 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 (Fig.3).



Fig. 2 - Componentes instrumentais do sistema do E-PERM® da RADELEC, que consistem no leitor do electree (A), câmara para electrete de longa duração (B e C); D) Espectrometro de radiação Gama, modelo RS-125 da TERRAPLUS.



Fig. 3 - Casas típicas da região do Seridó, Lages Pintadas, Rio Grande do Norte. Salienta-se a fotografia do canto superior esquerdo onde se pode ver uma casa construída em cima de dique pegmatítico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o primeiro período (Fig.4a), a concentração do gás Radônio variou entre 11 e 4055 Bq/m³ (Mediana: 228; MA: 803; MG: 298; DP: 800), mas para segundo período (Fig.3b), as concentrações do Radônio apresentaram maior dispersão devido à ocorrência de um anormal período de chuvas (intervalo: 7 e 3782 Bq/m³; Mediana: 320; MA: 750; MG: 283, DP: 920). Para os dois períodos (Fig.3c), a Média Geométrica para Radônio Interior foi de 291 Bq/m³, com intervalo de 15 a 2893 Bq/m³; Mediana: 288; Média Aritmética: 566; Desvio Padrão: 625. O nível de radiação Gama também foi verificado no interior de cada habitação. Na Figura 5 se apresenta a variação média dos radionuclídeos primordiais responsáveis pela radiação Gama natural (Fig.5a,b, c). O valor médio para a Dose Absorvida de radiação Gama para os dois períodos de medições variou entre 16 - 109 nGy/h (MED: 83; GM: 78; DP: 17), sendo considerados normais (Fig.5d). Na Figura 6 são dados os valores médios para as Dose Absorvidas devida a Radiação Alfa (Fig.6a), Radiação Gama (Fig.6b) e de ambas as radiações (Fig.6c).

A Dose de Exposição devida ao Radônio para o município de Lages Pintadas variou entre 0,26 a 50,94 mSv/a para a Dose de Exposição Anual (Mediana: 4,9; Média Geométrica: 5,03; Desvio Padrão: 10,86. Fig. 6a). Enquanto a Dose de Exposição devida a radiação Gama variou

entre 79,96 a 535,59 mSv/a (Mediana: 403,78; Média Geométrica: 370,41; Padrão: 91,67. Fig. 6b). Por sua vez, a Dose de Exposição devida ao conjunto das radiações Alfa (Rn 222) e Gama variou entre 0,68 a 51,36 mSv/a (Mediana: 5,25; Média Geométrica: 5,77; Desvio Padrão: 10,85. Fig.6c).

A WHO e a ICRP recomendam uma dose de $\cong 1$ mSv/a como Nível Máximo de Restrição para a exposição das radiações Alfa + Gama para o público. Consequentemente, o valor médio da Dose Anual para o município de Lages Pintadas ultrapassa o valor sugerido pelos referidos organismo e que 98% os domicílios estudados se encontra acima desse limite!

Considerando uma vida média de 70 anos de idade, a probabilidade (P) de asos de câncer no município de Lages Pintadas devido ao gás Radônio é de 12,15% (Fig.7). A título de comparação na Figura 7 se apresenta a probabilidade calculada por Malanca e Gaidolfh (1997) para outros municípios do estado do Rio Grande do Norte. Para os cálculos da Probabilidade de Casos de Câncer foram usadas as seguintes variáveis: 1) Fator de Equilíbrio igual a 0,4 (para concentrações de “radônio interior em habitações e em ambientes de trabalho); 2) Taxa de ocupação igual a 0,8 (80%); 3) 1 WL equivalente a 3746 Bq/m³ (WL: Working Level); 4) Um WLM (WLM: Working Level Month) corresponde a uma exposição de 1WL por 170 horas; 5) Fator para a dose efetiva igual a 4 mSv/WLM (recomendado pela ICRP65/1994 para o público em geral); 6) Fator de Risco de Câncer por WLM igual a 0,0005/WLM.

Tabela1: Taxa de Dose Efetiva Anual para uma ocupação de 80%/ano e a respectiva taxa de Risco de Câncer em Vida (probabilidade) em função do gás Radônio Interior

	Max*	Min*	Med*	MA*	DP*
Dose Efetiva Anual (mSv/a)	50,94	0,26	4,90	9,75	10,86
Excesso de Risco de Câncer em Vida (%)	44,58	0,23	4,29	12,15	9,50

* Max: Máximo; Min: Mínimo; Med: Mediana; MA: Média Aritmética

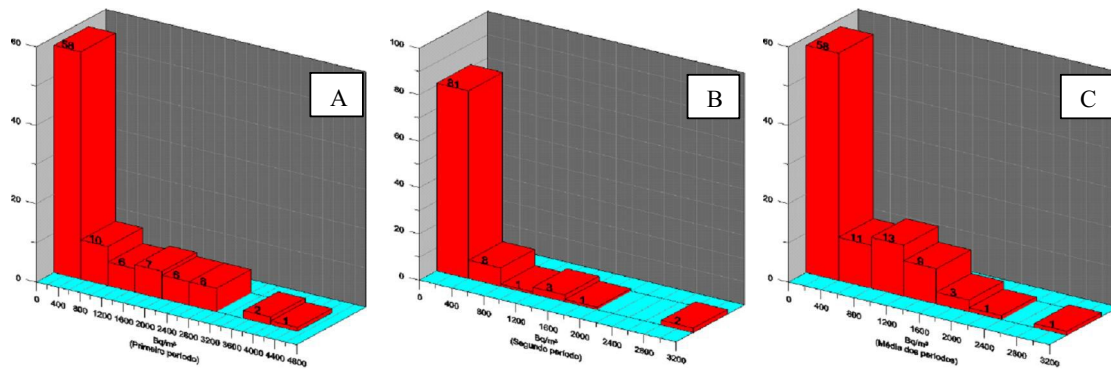


Fig. 4 - Histograma dos valores de “Radônio residencial” em Bq/m³ nas habitações do município de Lajes Pintadas a) Valores da 1ª medição; b) Valores da 2ª medição; c) Valores médios.

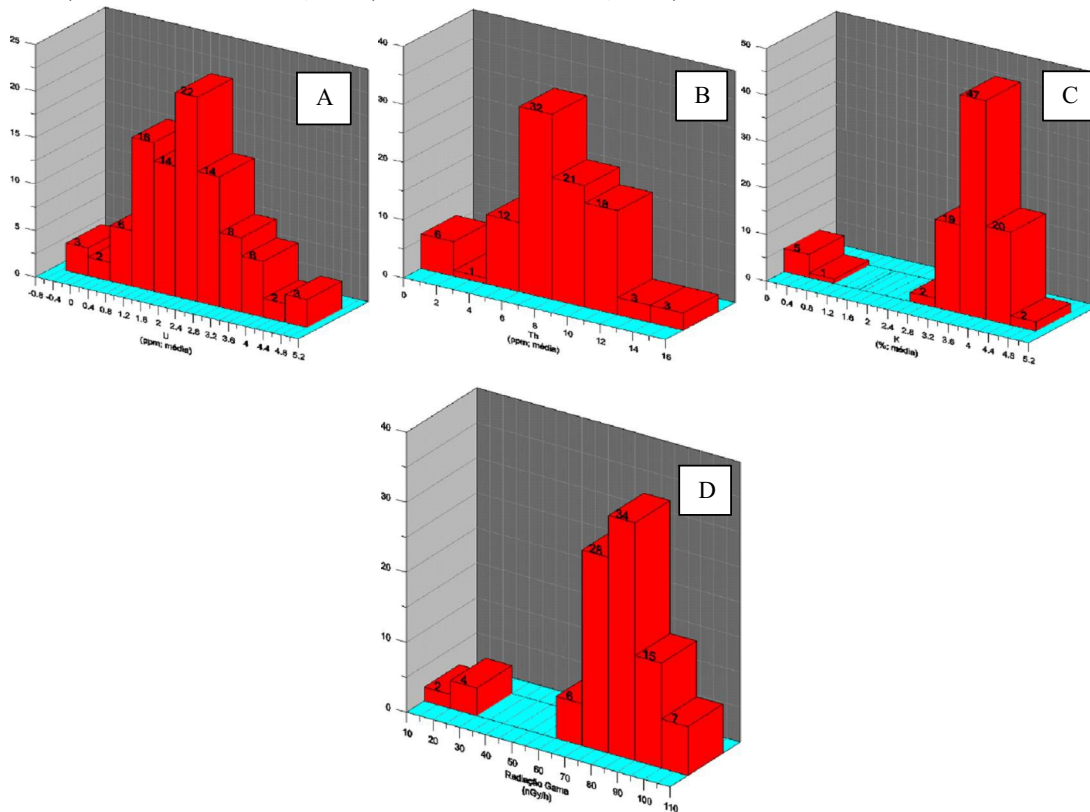


Fig. 5 - Histograma dos valores médio da Radiação Gama nas habitações do município de Lajes Pintadas: a), b) e c) Radionuclídeos primordiais responsável pela radiação Gama Natural.

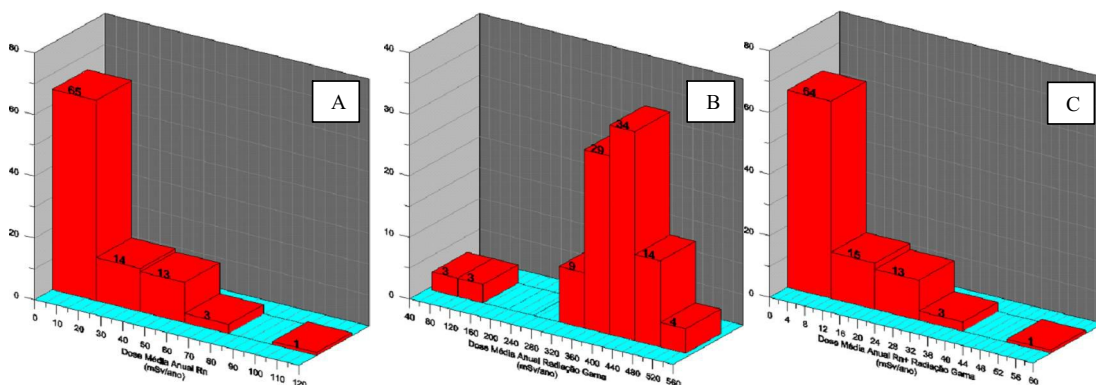


Fig. 6 - Dose média absorvida devida a: Radiação Alfa (Rn 222); b) Radiação Gama, c) Radiação Alfa + Gama (Rn-222).

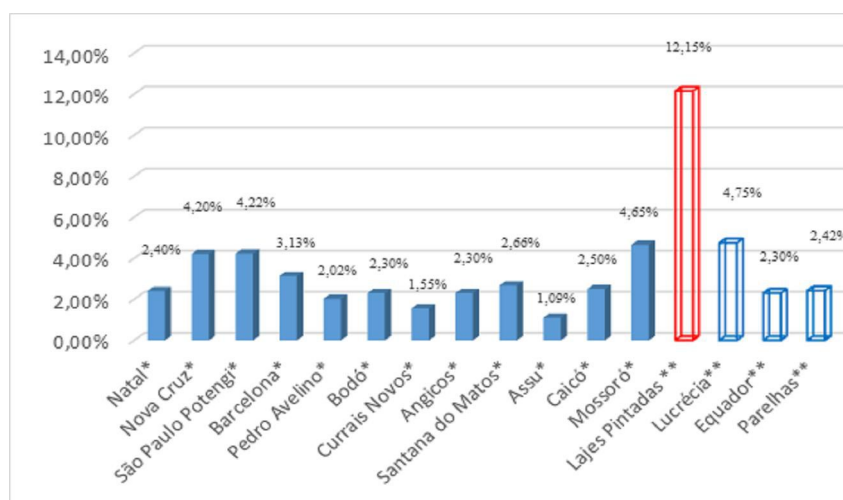


Fig. 7 - Gráfico de Probabilidade de câncer em alguns municípios do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Primas azuis: Dados de concentração média de Radônio 222 de Malanca e Gaidolfh (1996a, b, 1997); Primas ocos azuis: Campos et al 2011a, b, c; 2009a, b; Prisma oco vermelho: Esse trabalho.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Todas as habitações estudadas excederam o Nível de Ação para o Radônio Interior sugerido pela Organização Mundial de Saúde (100 Bq/m³)
- 98% das habitações estudadas excederam o Nível Máximo de Exposição para o público sugerido pela WHO e ICRP (\cong 1 mSv/a).
- Atribuiu-se os valores altos de “Radônio Interior” ao fato de que o município de Lages Pintadas se desenvolveu em cima de vários afloramentos de corpos pegmatíticos, que são naturalmente enriquecidos em Urânio e Tório.
- Os dados da radiação Gama no interior das residências foram considerados normais.
- Devido à grande variabilidade do gás radônio sugere-se que todas as habitações da cidade de Lages Pintadas devem ser monitoradas para o referido gás.
- Espera-se ainda que os nossos resultados sobre a radioatividade ambiental no município estudado possam ajudar a estabelecer, definir e controlar (mitigar) as possíveis fontes causadoras dos elevados índices de câncer na população humana na região, e que as autoridades ligadas à saúde coletiva da população criem um programa de mitigação de modo a diminuir o risco de câncer associado ao Radônio 222 dos seus municípios.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Brasil (CNPq), pelo Centro de Geociências da Universidade de Coimbra e recebeu apoio laboratorial do Laboratório de Poços de Caldas do Comitê Nacional de Energia Nuclear (CNEN/LAPOC).

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- CAMPOS, T. F. C. ; GUEDES, A. G. ; PETTA, R. A. ; PASTURA, V. F. S. . Natural Radioactivity and the Risk of Malignity: the case of Lucrecia-RN Brazil. In: 18th International Conference on Medical Physics (ICMP-2011), 2011, Porto Alegre-RS. Proceeding of the 18th International Conference on Medical Physics. São Paulo Brasil: Associação Brasileira de Física Médica ABFM, 2011. v. 5. p. 45-45.
- CAMPOS, T. F. C. ; PETTA, R. A. ; PASTURA, V. F. S. ; GUEDES, A. G. . The radon carcinogen agent in Lucrecia city, northeastern Brazil: gross gamma ray and indoor radon. In: 3th Hemispheric Conference on Medical Geology, 2009, Montevideo. Scientific program and Book of Abstract. Montevideo: ProntoGrafica SA, 2009. v. 1. p. 47-47.

- CAMPOS, T. F. C. ; PETTA, R. A. ; PASTURA, V. F. S. ; SINDERN, S. ; NASCIMENTO, P. S. R. . Environmental and Safety Education Campaign on the Radioactivity and the Risk of Malignity in the Pegmatite Borborema Province: Preventive Measures to Avoid Contamination with U and Th. *Estudos Geológicos (UFPE)*, v. 19, p. 77-92, 2009.
- CAMPOS, T. F. C. ; PETTA, R.A ; PASTURA, V. F. S. . Residential radon and the risk of malignity: the case of Lages Pintadas City, Northeastern Brasil. In: IV International Conference on Medical Geology, 2011, Bari-Italia. Geological and Medical Sciences for a Safer Environment, Book of Abstract. Gorgonzola: Digilabs Publications, 2011. v. 1. p. 176-176.
- CAMPOS, T. F. C. ; PETTA, R.A. ; Sichel, S.E. ; PASTURA, V. F. S. . O Radônio 222 (“Radônio Habitacional”) e Radiação Natural em Terrenos Pegmatíticos: o caso do município de Lages Pintadas (RN, Brasil). In: VIII Congresso Ibérico de Geoquímica, 2011, Castelo Branco Portugal. Livro de Actas. Castelo Branco: Serviços Gráficos do Instituto Politécnico de Castelo Branco, 2011. v. 2. p. 463-467.
- FAURE, G, 1991: **Principles and Application of Inorganic Geochemistry**, New York, MacMillan Publishing Cia. 626p.
- KEITH S; DOYLE, J.R.; HARPER, C; MUMTAZ, M; TARRAGO, O; WOHLERS D.W; DIAMOND G.L.; CINTRA M.; BARBER, L.E; 2008. Toxicological Profile for Radon: Draft report. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology and Environmental Medicine/Applied Toxicology Branch, Georgia (ATSDR-USA (2008)).
- FINKELMAN, R. B., SKINNER, H. C. W, PLUMLEE, G.S. & BUNNELL, J. E., 2001, *Medical Geology*, Geotimes, November.
- MALANCA, A e GAIDOLF, L, 1996A. Natural radiation in a municipality of the Brazilian Sertão. *Environmental Int.* 22: 213-217.
- MALANCA, A e GAIDOLF, L, 1996B. Preliminary radiological survey in some towns of the northeaster Brazilian Sertão. *The Nucleous* 33(3): 139-144.
- MALANCA, A e GAIDOLF, L, 1997. Environmental radon in some Brazilian towns and mines. *Protection Dosimetry* 69(3): 211-216.
- ZEEB II, H. SHANNOUN III, F. 2009. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Edited by Hajo Zeeb II and Ferid Shannoun III. World Health Organization. ISBN 9789241547673.

Bibliografia Consultada em Organismos (Internet)

AMACS Publications - www.ama-assn.org
(America Medical Association)

ATSDR PUBLICATION
<http://www.atsdr.cdc.gov>
(Agency For Toxic Substances and Disease Registry)

IAEA Publications - www.iaea.org
(International Atomic Energy Agency)

ICRP Publications - www.icrp.org
(International Commission on Radiological Protection)

UNSCEAR Publications - www.unscear.org
(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations)