



P

ROTEÇÃO CONTRA RADIAÇÕES  
NA COMUNIDADE DOS PAÍSES  
DE LÍNGUA PORTUGUESA

Luis Neves (coord.)

IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
2018

**RADIOACTIVIDADE NATURAL NA REGIÃO DE GOUVEIA  
E DE SAMEIRO (PORTUGAL CENTRAL)**

**NATURAL RADIOACTIVITY LEVELS IN THE GOUVEIA AND  
SAMEIRO AREA (CENTRAL PORTUGAL)**

**P. GUERRA** – paulafatimaguerra@gmail.com (Agrupamento de Escolas de Gouveia, Gouveia, Portugal)

**C.R. GOMES†** – (CITEUC, Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra)

**L.F. NEVES** – luisneves@dct.uc.pt (CEMPRE, Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra)

**A.C. PEREIRA** – apereira@dct.uc.pt (CEMPRE, Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra)

**PALAVRAS-CHAVE:** Radioatividade natural, radão, Gouveia, Sameiro, saúde

**RESUMO:** Procedeu-se à colocação de detetores passivos de radão (CR-39) em vinte e cinco habitações de Gouveia e vinte e cinco habitações do Sameiro, tendo em conta que as localidades referidas se inserem em substrato geológico de natureza distinta, no primeiro caso constituído por granitos hercínicos e no segundo por metassedimentos do complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico. Verificou-se que as concentrações de gás radão medidas nas habitações de Gouveia variam entre 172 e 2441 Bq.m<sup>-3</sup>, com média

geométrica de  $727 \text{ Bq.m}^{-3}$ . As elevadas concentrações de radão registadas em Gouveia têm suporte em factores geológicos, nomeadamente num teor de urânio das rochas graníticas de substrato regional superior à média da crosta continental superior. As concentrações de gás radão medidas nas habitações do Sameiro variam entre 58 e  $784 \text{ Bq.m}^{-3}$ , com média geométrica de  $213 \text{ Bq.m}^{-3}$ , indicando neste caso escassa probabilidade de serem excedidos os limiares recomendados por organizações internacionais para o ar interior de habitações ( $300 \text{ Bq.m}^{-3}$ ). Conclui-se que o potencial de radão na área urbana de Gouveia é consideravelmente mais elevado do que na região do Sameiro, reconhecendo-se nos dados obtidos um forte controlo geológico das concentrações de radão no ar interior das habitações. A distribuição do radão, em especial na área urbana de Gouveia, constitui um risco ambiental que deve ser tido em conta nos planos de ordenamento municipal.

**KEYWORDS:** Natural radioactivity, radon, Gouveia, Sameiro, health

**ABSTRACT:** Passive radon detectors (CR39) were used to evaluate indoor concentrations of this gas in the urban areas of Gouveia and Sameiro (25 detectors each). The two locations were selected due to a different geological bedrock, constituted by hercynian granites in the first case, and by a schist and greywacke metamorphic complex of pre-ordovician age in the second. It was found that the radon gas concentrations, measured in the dwellings of Gouveia, range between 172 and  $2441 \text{ Bq.m}^{-3}$ , with a geometric average of  $727 \text{ Bq.m}^{-3}$ . The high concentrations of radon recorded in Gouveia result from geological factors, namely the presence of uranium-rich granites. The concentrations of radon gas

measured in the dwellings of Sameiro range between 58 and 784 Bq.m<sup>-3</sup>, with a geometric average of 213 Bq.m<sup>-3</sup>, thus not presenting a significant risk of exceeding the limit of 300 Bq.m<sup>-3</sup> recommended by international organizations. It is concluded that radon potential in the area of Gouveia is significantly higher than Sameiro, with the results showing a strong geological control of indoor radon concentrations. Taking into consideration that this radioactive gas constitutes an environmental risk, it should be addressed in land planning instruments, namely in the Gouveia region.

## 1. INTRODUÇÃO

A radioatividade natural resulta da transformação de radioisótopos que integram a constituição de rochas e solos, destacando-se os isótopos que pertencem às séries de decaimento de <sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U e <sup>232</sup>Th, bem como <sup>40</sup>K. A radiação emitida nos processos de decaimento pode chegar ao ser humano, gerando uma dose por exposição à radiação com eventual efeito sobre a saúde. Destaca-se, neste aspeto, a exposição ao gás radão, gerado na cadeia de decaimento de <sup>238</sup>U, a qual contribui em média para mais de metade da dose anual de radiação recebida. O radão é gerado em maior quantidade nas rochas e solos mais ricos em urânio do que a média crustal, destacando-se as rochas graníticas e as algumas rochas sedimentares pelíticas pelo potencial de apresentarem tais teores acrescidos. O gás radão produzido nas rochas e solos propaga-se em parte até à superfície topográfica, onde se dilui na atmosfera, podendo, no entanto, penetrar em habitações a partir do subsolo, por difusão ou convecção.

As concentrações elevadas de radão no ar interior das habitações constituem um risco ambiental (Darby et al., 2004; Neves

e Pereira, 2004), sendo este gás responsável pelo desenvolvimento de neoplasias pulmonares. Estima-se que de 10% dos cancros pulmonares resultem da exposição ao radão (Neves e Pereira, 2004).

O presente trabalho visa avaliar as concentrações de radão existentes no ar interior das habitações de duas áreas urbanas de natureza geológica distinta – Gouveia e Sameiro (Fig. 1). A região de Gouveia-Sameiro insere-se no Maciço Hespérico, o qual corresponde ao extenso afloramento de rochas proterozóicas e paleozóicas consolidadas no ciclo varisco, que constitui a metade ocidental da Península Ibérica e representa cerca de dois terços do território português. Na região de Gouveia, encontra-se em geral, um granito de grão grosseiro a muito grosseiro, porfiróide, biotítico-moscovítico, com fenocristais de microclina, o qual ocorre em vasta área da região das Beiras. Ocorrem ainda outras variedades de granitos de duas micas de idade varisca e também granodioritos (Neiva et al, 2009). As rochas metamórficas do Complexo xisto-grauváquico ante-ordovícico (Grupo das Beiras) representam os mais antigos depósitos sedimentares da região, aflorando designadamente na área do Sameiro. São constituídos, do ponto de vista litológico, por materiais finos, relativamente homogéneos, o que é indício de sedimentação tranquila, em mar de certa profundidade. A série xistosa, formada por xistos argilosos, xistos quartzo-micáceos e grauvaques, aparece, às vezes, muito metamorfizada, em particular nas zonas de contacto com os granitos.

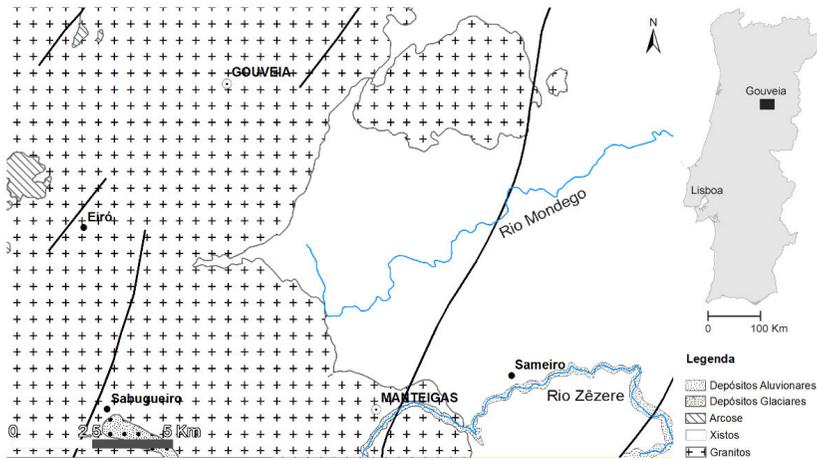


Figura 1. Mapa geológico da região de Gouveia, simplificado de Neiva et al. (2009). Ocorrem diversos tipos de granitos Hercínicos, com predomínio das variedades de grão médio a grosseiro biotíticas, bem como xistos e matagrauvaques do Complexo Xisto-Grauváquico ante-ordovício. Como litologias secundárias, ocorrem pequenos depósitos terciários de natureza arcósica e ainda depósitos quaternários aluvio-glaciares.

## 2. MÉTODOS

Para avaliar os níveis de radão no interior das habitações, foram colocados detetores passivos, tipo CR-39, em vinte e cinco habitações de Gouveia e vinte habitações do Sameiro, onde permaneceram durante 3 meses durante o inverno, por conseguinte num período do ano com menor ventilação das habitações. Desses detetores, 28 foram colocados em divisões que assentam diretamente sobre o solo (piso zero – cave ou rés-do-chão) e os restantes nas divisões aéreas imediatamente subjacentes. Em 4 casos não foi possível recuperar os detetores (1 em Gouveia e 3 no Sameiro).

Os detetores foram posteriormente processados no Laboratório de Radioactividade Natural do Departamento das Ciências da Terra da Universidade de Coimbra. Após tratamento químico com uma solução de NaOH, a 90°C, a densidade dos traços alfa foi determinada com apoio de um sistema automático de contagem, que inclui mecanismo de deslocamento de elevada precisão, microscópio associado a câmara de vídeo e programa informático de tratamento de imagem (Radosys®). A calibração do sistema é assegurada através de padrões internos e da participação regular em intercalibrações laboratoriais. As concentrações de radão expressam-se em Bq.m<sup>-3</sup> e estima-se que o erro analítico que afecta as determinações não seja superior a 20% (p>0,95).

### 3. RESULTADOS

Os resultados obtidos para a concentração do gás radão em habitações de Gouveia e Sameiro encontram-se expressos na tabela 1. Em Gouveia os valores obtidos variam entre 172 e 2441 Bq.m<sup>-3</sup>, com média geométrica de 727 Bq.m<sup>-3</sup>. No Sameiro os valores são consideravelmente mais reduzidos, variando entre um mínimo de 58 e um máximo de 784 Bq.m<sup>-3</sup>, com média geométrica de 213 Bq.m<sup>-3</sup>.

Tabela 1. Concentração de radão em Gouveia e no Sameiro (Bq.m<sup>-3</sup>): média geométrica, mediana, coeficiente de variação, valores mínimo e máximo; (N – número de detetores).

Região	N	Média geométrica (Bq.m <sup>-3</sup> )	Mediana (Bq.m <sup>-3</sup> )	Coefficiente de variação (%)	Mínimo (Bq.m <sup>-3</sup> )	Máximo (Bq.m <sup>-3</sup> )
Gouveia	24	727	733	66,7	172	2441
Sameiro	22	213	183	74,4	58	784

A Fig. 2 mostra a distribuição das concentrações de radão obtidas nas duas regiões, sendo notória a inexistência de valores

elevados ( $>800 \text{ Bq.m}^{-3}$ ) no caso do Sameiro, ao invés do que ocorre em Gouveia. É de notar que, de acordo com a diretiva 2013/59/EURATOM, a concentração máxima de radão recomendada em habitações é de  $300 \text{ Bq.m}^{-3}$ , devendo no entanto ser tido em conta que os valores obtidos, em período de inverno, correspondem ao máximo anual, e não são por esse facto representativos da média anual (Neves et al, 2003). Em Gouveia o limite de  $300 \text{ Bq.m}^{-3}$  é excedido num número muito significativo de habitações, enquanto no Sameiro tal apenas ocorre de forma pontual.

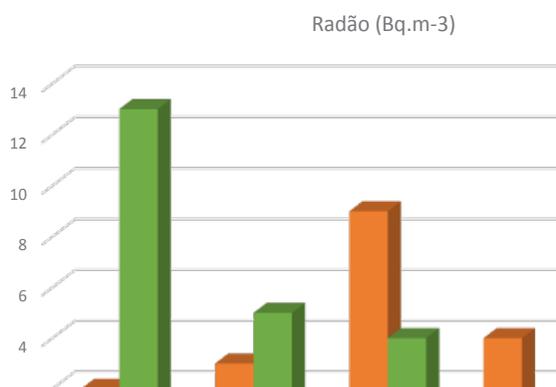


Figura 2. Distribuição das concentrações do gás radão ( $\text{Bq.m}^{-3}$ ) medidas em habitações de Gouveia e Sameiro. Frequências absolutas em ordenadas.

Na tabela 2 sintetizam-se os resultados obtidos em cada região urbana, organizados de acordo com as divisões onde os detectores foram colocados: piso zero (cave ou rés-do-chão, consoante o caso) e piso um (sobrejacente ao piso térreo). Em ambas as localidades verifica-se uma redução dos valores médios da concentração de radão no piso um face ao piso zero (térreo), o que confirma a migração predominante do gás para o interior das habitações a partir do subsolo.

Tabela 2. Distribuição dos valores da concentração de radão por piso ( $\text{Bq.m}^{-3}$ ) em Gouveia e no Sameiro; (N – número de detetores).

Litologia	Piso	N	Média geométrica	Mínimo	Máximo
GOUVEIA – granito porfiróide, grão grosseiro a muito grosseiro, biotítico-moscovítico	0	17	764	172	2441
	1	7	580	218	1170
SAMEIRO – Complexo Xistograuváquico (Grupo das Beiras)	0	11	313	110	784
	1	11	147	58	266

#### 4. CONCLUSÕES

As concentrações do gás radão determinadas mostram valores médios elevados ( $727 \text{ Bq.m}^{-3}$ ) e significativa proporção de valores superiores a  $300 \text{ Bq.m}^{-3}$  no caso de Gouveia, enquanto no Sameiro a média é consideravelmente mais reduzida ( $213 \text{ Bq. m}^{-3}$ ), e escassa a probabilidade de ser excedido o limite referido. As diferenças nas concentrações de radão entre as duas áreas urbanas decorrem da existência de um substrato geológico muito distinto, composto por rochas graníticas ricas em urânio, em Gouveia, e por rochas metamórficas (xistos e metagrauvaques) com teor de urânio próximo da média crustal no Sameiro. Conclui-se, por conseguinte, ser muito marcado o controlo geológico sobre as concentrações de radão medidas no ar interior das habitações. A redução das concentrações médias de radão, observadas em ambas as áreas, entre os valores medidos no piso de contacto com o terreno (piso zero) e o piso imediatamente sobrejacente (piso 1) indiciam que a principal fonte de radão nas habitações decorre da infiltração a partir do subsolo. Tendo em conta os elevados valores obtidos na área urbana de Gouveia, sugere-se que o radão, enquanto risco ambiental, seja tido em conta nos planos de ordenamento municipal.

## Agradecimentos

Os autores prestam homenagem à colega e amiga Prof.<sup>a</sup> Celeste Gomes, prematuramente falecida antes da conclusão deste trabalho.

## Referências

- Comissão Europeia. Directiva 2013/59/EURATOM: Recomendação da Comissão de 5 de dezembro de 2013, relativa à protecção dos perigos da exposição à radiação ionizante. <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/CELEX-32013L0059-EN-TXT.pdf>.
- Darby, S., Hill, D.; Auvinen, A.; Barros-Dios, J.M.; Baysson, H.; Bochicchio, F.; Deo, H.; Falk, R.; Forastiere, F.; Hakama, M.; Heid, I.; Kreienbrock, L.; Kreuzer, M.; Lagarde, F.; Mäkeläinen, I.; Muirhead, C.; Oberaigner, W.; Pershagen, G.; Ruano-Ravina, A.; Ruosteenoja, E.; Schaffrath Rosario, A.; Tirmarche, M.; Tomáscaron;ek, M.; Whitley, E.; Wichmann, H-E.; Doll, R. (2004). Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case studies. *British Medical Journal*, 330, 223-228.
- Neves, L.F. & Pereira, A. (2004). Radioactividade natural e ordenamento do território: o contributo das Ciências da Terra. *Geonovas* n° 18, 103-114.
- Neiva, A.M.R., Williams, I.S.; Ramos, J.M.F.; Gomes, M.E.P.; Silva, M.M.V.G.; Antunes, I.M.H.R. (2009). Geochemical and isotopic constraints on the petrogenesis of Early Ordovician granodiorite and Variscan two-mica granites from the Gouveia area, central Portugal. *Elsevier, Lithos* 111, 186-202.
- Neves, L.J.P.F.; Avelans, S.C.C.; Pereira, A.J.S.C. (2003). Variação Sazonal do gás radão em habitações da área urbana da Guarda (Portugal Central). IV Congresso Ibérico de Geoquímica e XIII Semana de Geoquímica, Coimbra, 307-309.