

# ***Influência dos hábitos humanos na variação diurna e sazonal do gás radão em habitações da área urbana de Amarante***

*Influence of human habits in diurnal variation and seasonal gas radon in dwellings in the urban area of Amarante*

Martins, L.<sup>1\*</sup>, Gomes, M.E.P.<sup>1\*</sup>, Marques, M.<sup>2</sup>, Neves, L.<sup>3</sup>, Pereira, A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> UTAD, Departamento de geologia, Centro de Geociências da Universidade de Coimbra 5001-801 Vila Real, Portugal.

<sup>2</sup> UTAD, Departamento de Biologia e Ambiente, CITAB, 5001-801 Vila Real.

<sup>3</sup> Universidade de Coimbra, Departamento Ciências da Terra, IMAR, Instituto do Mar, 3000-272 Coimbra.

\* [lisa\\_martins@hotmail.pt](mailto:lisa_martins@hotmail.pt)

**Resumo:** A avaliação da concentração de radão no interior de quatro habitações avaliadas da região de Amarante sugere que existiu de facto uma frequente variação sazonal. As medições com os detectores passivos no período de Inverno foram superiores às medições em tempo real obtidas no Verão, como seria expetável. Observou-se que os hábitos humanos se reflectiram nas concentrações de radão medidas no ar interior das habitações. A variação da concentração de radão no ar interior é superior nos pisos próximos do subsolo, como seria expetável, comparativamente com os pisos superiores.

**Palavras-chave:** Hábitos humanos, radão, habitações, Amarante.

**Abstract:** The evaluation of the indoor radon concentration in four studied dwellings in the Amarante region suggests that there is indeed a frequent seasonal variation. Measurements with passive detectors in the winter period were higher than real time measurements obtained in summer, as will be expected. We observed that the human habits are reflected in the concentration of indoor radon in dwellings. The variation of indoor air radon is higher on underground floor, as would be expected compared to the upper floor.

**Key-words:** Human habits, radon, dwellings, Amarante.

## **INTRODUÇÃO**

contudo quando existe fracturação que potencia a sua libertação para as habitações, flui por difusão até pisos inferiores gerando um gradiente de exposição. A tipologia, o estado de conservação e o isolamento nas habitações são outros factores que podem originar significativas diferenças entre si no que respeita à actividade do gás radão (Neves & Pereira, 2004). As preocupações associadas aos

efeitos do radão na saúde pública têm geralmente em conta o tempo de exposição em ambientes interiores contaminados. A qualidade do ar interior deve portanto ser avaliada periódica e sistematicamente, com o objectivo de garantir níveis máximos recomendados de  $400 \text{ Bq/m}^3$  (DI nº 79/2006). Por estas razões, tem-se verificado uma atenção crescente para os problemas da qualidade do ar interior nomeadamente para o radão, onde devemos sempre consciencializar a adopção de determinados hábitos a praticar, nomeadamente a ventilação e renovação do ar interior. Um estudo anterior, efectuado no interior de 73 habitações da região de Amarante, demonstrou que 35 excediam o limite recomendado pela legislação nacional de qualidade do ar interior. O risco radiológico estimado para toda a zona granítica de Amarante no período de Inverno foi moderado a elevado e para toda a zona de metassedimentos foi baixo a moderado (Martins et al. 2012). No sentido de proceder ao estudo das variações sazonais e diurnas da concentração de radão no ar interior foram utilizados dois métodos distintos em 4 habitações da região granítica de Amarante.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A determinação das concentrações de gás radão nas habitações no período de Inverno foi efectuada com recurso a detetores passivos do tipo CR-39, expostos entre dezembro de 2009 e março de 2010. Os detetores foram devidamente colocados em rés-do-chão ou 1º andar e a contagem dos impactos alfa efectuada no LRN da Universidade de Coimbra através do sistema automático Radosys com erro analítico inferior a 10 % do valor medido. Todos os procedimentos relativos a esta análise encontram-se reportados em Gomes et al. (2011). Durante o mês de julho e agosto de 2011, foi utilizado um detetor do tipo Radhome HR2, permitindo uma monitorização contínua e em tempo real da actividade do radão e outros parâmetros ambientais em edifícios. O radão difunde-se para o interior da câmara, onde o filtro recolhe o ar resultante dos produtos de decaimento do radão. A actividade do radão é determinada pela medição da atividade alfa do  $^{218}\text{Po}$ , recolhida do campo eléctrico na superfície do detetor semicondutor. O Radhome HR2 possui um limite de detecção de  $20 \text{ Bq/m}^3$  para um tempo de desintegração de 1 hora e uma actividade máxima superior a  $1\text{MBq.m}^{-3}$ .

## ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A região de Amarante é composta maioritariamente por granitos tardi-hercínicos, num extenso maciço tardi-orogénico, onde se distinguem dois tipos de granitos: granito porfiróide biotítico de grão grosseiro que aflora próximo de Telões e o granito biotítico, porfiróide de grão médio que aflora na zona de Padronelo Fig. 1 (a).

Rochas metasedimentares do Paleozóico ocorrem no sector N da cidade de Amarante. Um importante sistema de fracturas com orientações principais NW-SE e NE-SW afeta toda a área estudada, (Fig. 1 b, c), sendo representadas, à escala cartográfica, pela falha de Fornelo-Padronelo e pela falha responsável pelo encaixe do Rio Tâmega.

Figura 1. a) Mapa geológico simplificado da área de Amarante e diagrama de rosetas representativo das principais famílias de falha da região; b) principais famílias de falha associadas à região de Amarante (n- nº de lineamentos estruturais estudados); c) principais falhas da zona dos metassedimentos; Simplified geological map from the area of Amarante and diagram rosettes with the representation of the main faults in the region of Amarante; b) Main faults of Amarante granitic area; c) Main faults of Aboim area (metasedimentary).

## RESULTADOS

Apesar das metodologias utilizadas serem diferentes em ambos os períodos estudados, verificou-se que no inverno a concentração média de radão no ar interior foi superior à média geométrica deste gás registado no verão (Tabela I). O valor máximo de radão registado no período de Verão (c.a 5010 Bq/m<sup>3</sup>) e o valor médio de exposição mais elevado registado no inverno (2845 Bq/m<sup>3</sup>) correspondem às medições efetuadas na habitação D (Tabela I). Nas diversas situações estudadas onde se utilizou o detetor contínuo, verificou-se que a atividade humana é identificada através das variações na concentração de radão interior. Uma dessas situações refere-se às habitações A e B utilizadas para fins comerciais e onde se torna perceptível quando iniciam e terminam a actividade (Fig. 2. a, b). Em C que corresponde a uma habitação familiar, durante o período das medições existiram algumas variações anómalas. Quando questionados, os ocupantes descreveram comportamentos irregulares de abertura das portas devido a hábitos familiares (Fig. 2.c). Na habitação D verificam-se algumas anomalias com valores superiores a 4000 Bq/m<sup>3</sup> de radão, que poderão corresponder a uma eventual fratura no subsolo que favorece uma maior ascenção de radão (Fig. 2.d). A figura 3 representa um exemplo típico da actividade do radão no ar interior de uma habitação com 3 divisões, sendo que, no piso (-1) que corresponde a uma cave apresenta uma maior concentração de radão (693 Bq/m<sup>3</sup>), passando a diminuir nas divisões superiores nomeadamente 474 Bq/m<sup>3</sup> no piso ao nível da rua e 376 Bq/m<sup>3</sup> no 1º piso.

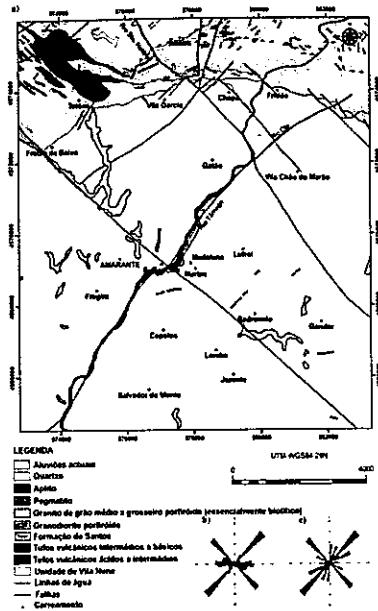


Tabela I- Resultados das medições de radão interior durante o Inverno e Verão; Results of measurements of indoor radon during the winter and Summer.

INVERNO – CR 39 (3 meses)		VERÃO (Radhome HR2)			
HABITAÇÃO	CR- 39 Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	Duração	Média geométrica de Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	Desvio Padrão (Bq/m <sup>3</sup> )	Mínimo- Máximo (Bq/m <sup>3</sup> )
A	376	±3 dias	96,7	103,8	11-1126
B	1506	±4 dias	354,7	260,8	12-1412
C	1015	±3 dias	137,2	88,6	15-518
D	2845	±2 dias	225,6	486,7	22-5010

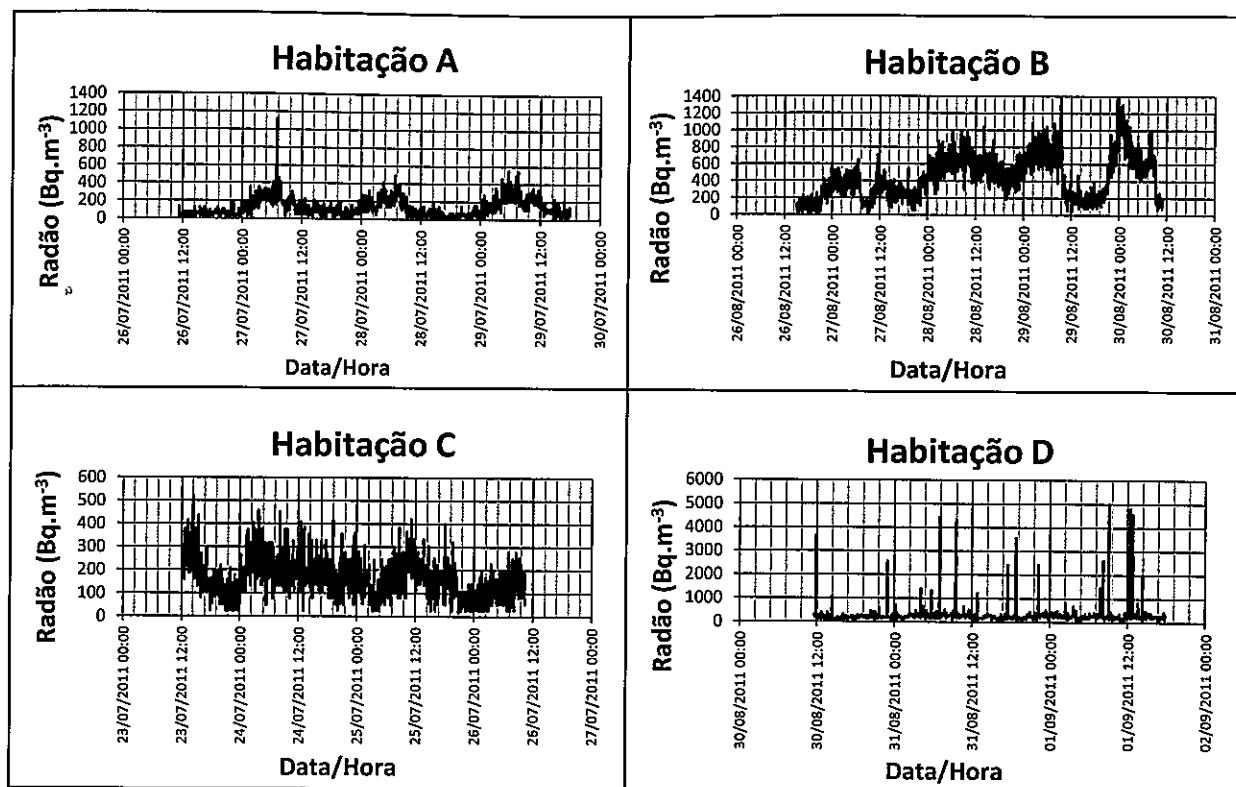
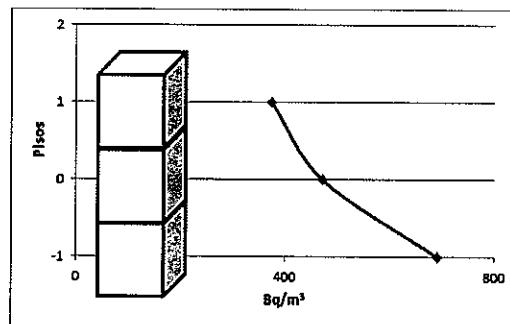


Figura 2. Variações ocorridas na concentração de radão em diversas situações estudadas, a) Habitação A; b) Habitação B; c) Habitação C; d) Habitação D.; Occurred variations in the concentration of radon in several studied situations, a) dwelling A b) dwelling B, c) dwelling C d) dwelling D.

Figura 3. Exemplo típico da actividade do radão (Inverno) em diferentes divisões de uma casa para fins comerciais; Typical example of the activity of radon (Winter) in different divisions of a dwelling for commercial purposes.



## CONCLUSÃO

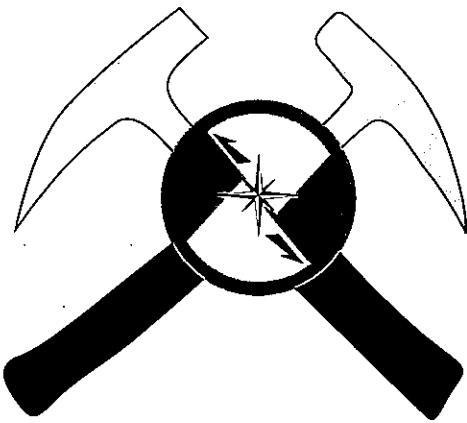
Os valores da concentração de radão registados no ar interior das quatro habitações em estudo são superiores no período de Inverno comparativamente com os de Verão, muito embora as metodologias utilizadas tenham sido diferentes. Os hábitos humanos provenientes da abertura e fecho de portas e janelas nas habitações, conseguem ser identificados mediante a variação de radão interior, pelo que cada vez mais se torna relevante destacar a importância deste fator na redução da concentração de radão no ar interior. Como se esperava, ocorre uma variação de radão numa habitação com três pisos, sendo superior no piso mais próximo do subsolo.

## BIBLIOGRAFIA

- DL nº 79/2006 de 4 de Abril, Qualidade do ar interior, Diário da Republica nº67 I Série, Ministério das obras Públicas, Transportes e Comunicações.
- Gomes, M.E.P., Neves, L.J.P.F., Coelho, F., Carvalho, A., Sousa, M., Pereira, A.J.S.C., (2010). Geochemistry of granites and metasediments of the urban área of Vila Real (Northern Portugal) and correlative radon risk. *J Environ Earth Sci* DOI 10.1007/s12665-010-0873-z.
- Martins, L., Gomes, M.E.P., Neves, L.J.P.F., Pereira, A., (2012). Geochemistry of granites and metasediments of the region of Amarante (Northern Portugal) and associate radon risk, *Environmental Earth Science*, DOI 10.1007/s12665-012-1774-0.
- Neves, L.F. e Pereira, A.C. (2004) - Radioactividade Natural e Ordenamento do Território: o contributo das ciências da Terra, *Geonovas* nº 18: 103-114.

## Participantes

<b>Nome completo</b>	<b>Contacto e-mail</b>	<b>Instituição que representa</b>
Alexis Rafael Teixeira Soares	alexissoares@gmail.com	LIRIO, Centro Ciência Viva de Estremoz
Ana Cristina Goulart da Costa	acgcosta.geo@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Ana Filipa Montóia Jacinto	ana.fm.jacinto@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Ana Margarida Borges Mamede Bento	anamargaridabento@gmail.com	Centro de Geologia da Universidade de Lisboa
Andreia Isabel Vilão Silva	andreiaivil@hotmail.com	U.N.L. - Faculdade de Ciências e Tecnologia
António José Ferreira da Silva	antoniojsilva@ua.pt	Universidade de Aveiro
Bernardo de Almeida Teixeira	bernardoalmeidafcul@gmail.com	Centro de Geologia da Universidade de Lisboa
Bruno Monteiro Sena da Fonseca	senadafonseca@gmail.com	U.N.L. - Faculdade de Ciências e Tecnologia
Carla Sofia do Carmo Pereira Pacheco	carlasofiacarmopacheco@gmail.com	Centro Ciência Viva de Estremoz
Carlos Ruela Nogueira	crnogueira@fc.ul.pt	FCUL/IDL
Fábio David Figueiredo do Amaral	fd_amaral@hotmail.com	LIRIO, Centro Ciência Viva de Estremoz
Filipa Raquel Sousa	raquelsousa83@gmail.com	LIRIO, Centro Ciência Viva de Estremoz
Frederico Miguel de Carvalho Pires Barata	frederico.barata88@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Heloísa Corrêa Ribeiro	heloysa_correaribeiro@hotmail.com	Centro Geologia Universidade do Porto
Inês Filipa Gonçalves Martins Pereira	ifgmpereira@gmail.com	LIRIO, Centro Ciência Viva de Estremoz
João Batalha Bernardo	joaob.bernardo@hotmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
João Miguel Gomes Da Cruz Correia	joaodacruzcorreia@gmail.com	LIRIO, Centro Ciência Viva de Estremoz
Lisa Maria de Oliveira Martins	lisa_martins@hotmail.com	Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Marco Cantídio Azevedo	zvd.marco@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Noel Alexandre Fontes Moreira	nmoreira@estremoz.cienciaviva.pt	Centro Geofísica de Évora, LIRIO, Centro Ciência Viva de Estremoz
Pedro Mocho Lopes	p.mochopaleo@gmail.com	Universidad Autónoma de Madrid
Pedro Nuno Afonso Alves	pedroalves.dct@gmail.com	Universidade do Minho, CIG-R
Rafaela Barreto Chumbo	rafaelachumbo@gmail.com	Universidade de Évora
Sílvia Cristina Martins Aires	silviayres@hotmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Sofia Raquel Cardoso Pereira	ardi_eu@hotmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Sónia Alexandra Jenkins Oliveira	soniaajoliveira@gmail.com	Universidade do Algarve - CIMA
Tiago Miguel Esteves Cardoso	tmecc@ua.pt	Universidade de Aveiro
Ulisses Miguel da Costa Correia	ulisses.correia21@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Vânia de Jesus Cardoso da Silva	vjcsilva@gmail.com	LIRIO, Centro Ciência Viva de Estremoz



## II Congresso Jovens Investigadores em GeoCiências, LEG 2012

LIRIO

Centro  
Ciência Viva  
Estremoz

u évora  
UNIVERSIDADE DE ÉVORA  
ESCOLA DE CIÉNCIAS E TECNOLOGIA

Centro  
Ciência Viva  
do Lousal  
Minas & Ciéncia



[www.estremoz.cienciaviva.pt](http://www.estremoz.cienciaviva.pt)

## Apoios



AGÊNCIA NACIONAL  
PARA A CULTURA  
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

u évora  
Instituto de Investigação e  
Formação Avançada - IIFA

u évora  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÉNCIAS

FCT

Fundação para a Ciéncia e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÉNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



ESTREMOZ  
município



Grupo de Geologia  
Estrutural e Tectónica  
Sociedade  
Geológica de Portugal



BANCO  
ESPIRITO SANTO



até  
café



CREMINER  
Centro de  
Recursos Minerais,  
Mineralogia e Cristalografia



SAIGRENE  
ENERGIAS RENOVÁVEIS

Sinengeo  
Soluções Aplicadas em Geologia, Hidrogeologia e Ambiente, Lda

vimeiro  
Empresa das Águas do Vimeiro



MONTE  
SEIS REIS  
O melhor do nosso terra para o mundo.

Páteo dos  
SOLARES  
ESTREMOZ

Delta  
60 ANOS  
ADESPERTAR PORTUGAL

sumol+compal