

## **O papel da implementação de políticas de prevenção da exposição ao Radônio no Brasil – uma estratégia no controle do risco de desenvolver câncer de pulmão**

Aline da Rocha Lino, Carina Meira Abrahão, Marcus Paulo Fernandes Amarante, Marcelo Rocha de Sousa Cruz

Rua Martiniano de Carvalho, 965, Bela Vista, São Paul-SP, Brasil, CEP 01321-001

Autor correspondente: Marcelo Rocha de Sousa Cruz Email: [marcelo.cruz.md@gmail.com](mailto:marcelo.cruz.md@gmail.com)

### **Resumo**

O câncer de pulmão representa a principal causa de morte por câncer nos Estados Unidos e em outros países industrializados. O fator de risco mais importante continua sendo o tabagismo. No entanto, diante do aumento da incidência de câncer de pulmão em não tabagistas, torna-se necessário ampliar o conhecimento sobre os demais fatores de risco. O Radônio (Rn) é um gás nobre e representa a fonte natural mais importante de exposição humana à radiação ionizante. Exposições aos altos níveis desse gás radioativo estão relacionados com maior risco de desenvolver neoplasia pulmonar. O objetivo deste trabalho é salientar a importância da mensuração da concentração deste gás em ambientes internos e identificar quais seriam as medidas a serem adotadas do ponto de vista de proteção radiológica.

Realizamos uma pesquisa nos sites da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), LAMIN (Laboratório de Análises Minerais), CPRM (Serviço Geológico do Brasil), Ministério da Saúde e PubMed. Utilizando as palavras “radon”, “lung”, “cancer” no PubMed®, 1.371 resultados foram obtidos; ao utilizarmos as palavras “radon”, “lung”, “cancer” e “Brazil” ou “Brazilians”, apenas 6 resultados foram obtidos. Destacamos que câncer de pulmão é um importante problema de saúde pública e a exposição ao Rn em ambientes internos deve ser considerado como um fator de risco em pacientes com câncer de pulmão não fumantes. Edifícios ou casas com alta concentração de radônio devem ser identificados. No entanto, atualmente, não há no Brasil, um país com grande potencial de extração mineral, nenhuma recomendação específica regulamentada de controle quanto à exposição ao Rn.

**Palavras-chave:** câncer; pulmão; radônio.

## Introdução

O câncer de pulmão é o mais comum de todos os tumores malignos e representa a principal causa de morte por câncer em todo o mundo. A sobrevida média cumulativa total em cinco anos varia entre 13 e 21% em países desenvolvidos e entre 7 e 10% nos países em desenvolvimento<sup>1</sup>. A última estimativa mundial apontou incidência de 1,82 milhões de casos novos de câncer de pulmão para o ano de 2012. No Brasil, foi responsável por 22.424 mortes em 2011, sendo esperados 27.330 novos casos para o ano de 2014<sup>2</sup>.

Seu principal fator causal continua sendo o consumo de derivados de tabaco<sup>3</sup>. Contudo, tem sido registrado um aumento contínuo do número de casos em pacientes nunca fumadores. Desse modo, faz-se necessária uma melhor compreensão dos demais fatores de risco. Entre esses, destacam-se: tabagismo passivo, doenças pulmonares associadas à inflamação (como fibrose pulmonar e doença pulmonar obstrutiva crônica), exposição ao Radônio (Rn), ao amianto e à fumaça da queima de madeira<sup>4</sup>. As taxas de morte pelo câncer de pulmão estão diminuindo em países mais desenvolvidos, onde o consumo de tabaco está perdendo sua importância. Em contraste, as taxas de câncer de pulmão e mortalidade estão aumentando nos países em desenvolvimento, incluindo muitos exemplos na América Latina<sup>1</sup>.

O Rn tem sido apontado como a segunda causa de câncer de pulmão em todo o mundo<sup>5</sup>, sendo de fundamental importância sabermos mais a respeito desse gás. No Brasil muito pouco tem sido divulgado ou discutido a respeito da exposição e prevenção da exposição do radônio. Realizamos neste artigo uma descrição dos dados encontrados sobre o Rn, como e onde ocorre o contato do ser humano com o mesmo e as políticas de prevenção que tem sido implementadas em nosso país.

O Rn é um gás inerte natural, sendo um elemento do decaimento do Rádio-226 (Ra-226)<sup>6</sup>. Suas concentrações estão diretamente ligadas ao tipo de formação geológica de uma determinada região, visto que os tipos de rochas que compõem esses solos podem apresentar, em maior ou menor quantidade, minérios de Urânio (U), Tório (Th) e Ra, os geradores naturais do Rn-222<sup>7</sup>.

Esse gás pode se difundir pelas fissuras ou ser transportado do subsolo até a superfície por meio de tubulações, buracos e lençóis freáticos e assim constituir-se numa fonte de exposição para a população que reside ou frequenta esses locais<sup>8</sup>.

A liberação do Rn das rochas e solos é controlada por fatores mineralógicos como solubilidade, imperfeições na estrutura cristalina e superfície específica dos minerais que contém urânio. As chances do Rn escapar do mineral são muito maiores nas margens dos cristais. Os solos geralmente liberam mais Rn do que as rochas, pois seus constituintes são desagregados com maior facilidade<sup>9</sup>.

A maior parte da exposição ao Rn ocorre em ambientes fechados, como túneis, cavernas, minas, casas e outras habitações. Uma forma importante de exposição dos indivíduos no interior das residências é por inalação dos isótopos do Rn e de seus produtos de decaimento de meia-vida curta. Pode-se afirmar que altas concentrações de Rn no interior de construções estão relacionadas à sua entrada no ambiente, por convecção, a partir do solo<sup>10</sup>. Medidas relacionadas com a redução da exposição ao Rn incluem melhor ventilação, remediação do Rn e novas técnicas de construção que reduzem o risco de exposição.<sup>11</sup> Uma variedade de estratégias de mitigação de Rn têm sido utilizados, com diferentes taxas de eficácia. A estratégia ideal depende da provável fonte ou causa, características da construção, solo e clima<sup>12</sup>.

Na forma gasosa, o Rn é incolor, inodoro e insípido e suas partículas podem ser inaladas, através do ar, e dessa forma penetram a uma curta distância no epitélio brônquico, podendo induzir danos biológicos tais como mutações de bases de DNA e quebras cromossômicas<sup>13</sup>. O Rn representa a fonte natural mais importante de exposição humana à radiação ionizante<sup>9</sup>. A radioatividade devida ao radônio equivale a 54% das radiações a que estamos expostos<sup>14</sup>.

Estudos epidemiológicos têm demonstrado o efeito sinérgico entre Rn e fumo de tabaco<sup>15</sup>. Já foi demonstrado que, para a mesma exposição ao Rn e seus produtos de decaimento, o risco de câncer de pulmão em tabagistas é maior em comparação com os não-tabagistas<sup>16</sup>.

## **Métodos**

Realizamos extensa pesquisa no período de 30/10/2014 a 27/06/2015 utilizando a palavra radônio nos sites da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), LAMIN (Laboratório de Análises Minerais), CPRM - Serviço Geológico do Brasil e Ministério da Saúde.

Também procedemos a uma busca dos principais dados publicados, nacional e internacionalmente, com a relação radônio e câncer de pulmão no site do Pubmed®. Foi realizada uma análise descritiva dos dados coletados. Utilizando as palavras “radon”, “lung”, “cancer” no PubMed®, 1.371 resultados foram obtidos; ao utilizarmos as palavras “radon”, “lung”, “cancer” e “Brazil” ou “Brazilians”, apenas 6 resultados foram obtidos. Desses, 2 artigos são sobre exposição ao radônio em minas de carvão, 2 são estudos não-nacionais, mas que citam o Brasil, ou seja, apenas 2 artigos falam sobre a relação do radônio e população brasileira<sup>23, 24</sup>.

## Resultados e Discussão

O câncer de pulmão em pacientes não tabagistas possui diferenças em aspectos clínicos, patológicos e moleculares em comparação com câncer de pulmão em tabagistas<sup>17</sup>. Os principais fatores ligados à neoplasia de pulmão em não fumantes incluem a exposição a agentes cancerígenos conhecidos e suspeitos, incluindo o radônio, o tabagismo passivo, e outros poluentes do ar em ambientes interiores<sup>18</sup>.

A *Environmental Protection Agency* dos Estados Unidos (EPA) estima que o Rn seja a principal causa de câncer de pulmão em não fumantes, podendo estar responsável por cerca de 21.000 mortes por câncer de pulmão a cada ano<sup>13</sup>. Estudo brasileiro conduzido na cidade de Poços de Caldas, localizada em uma área com elevados índices de radiação natural, mostrou um aumento de 20% no risco ao longo da vida de morte por câncer de pulmão, devido à exposição ao Rn. Também foi estimado que 16% de todas as mortes por câncer de pulmão em Poços de Caldas poderiam ser atribuíveis à exposição ao Rn<sup>19</sup>.

Devido à forte correlação entre exposição ao Rn e aumento da incidência de câncer de pulmão, o Rn é classificado como um carcinógeno de classe I pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC)<sup>20</sup>. Rn residencial parece ser um fator de risco para todos os tipos histológicos. Em indivíduos diagnosticados numa idade mais jovem foi identificada uma maior concentração de Rn residencial. De acordo com a *International Commission on Radiological Protection* (ICRP), o gerenciamento da exposição ao Rn fundamenta-se principalmente sobre a aplicação do princípio de otimização abaixo de um nível de referência (NR) adequado. A Comissão recomenda 10 milisieverts (mSv) por ano como uma medida de dose absorvida adequada para a exposição ao Rn. O valor superior do nível de referência de atividade de radiação recomendado em habitações é 300 Becqueréis por metro cúbico (Bq/m<sup>3</sup> - concentração média anual). O mesmo valor é recomendado para edifícios de uso misto. Uma abordagem gradual específica é recomendada em ambientes de trabalho: 1) aplicação do mesmo NR que para habitações (embora a dose correspondente seja inferior a 10 mSv/ano, principalmente por causa do tempo de exposição); 2) aplicação do NR de 10 mSv/ano, tendo em conta as condições reais de exposição; 3) aplicação de requisitos relevantes para a exposição ocupacional quando, apesar da execução das medidas possíveis, a exposição permanece acima de 10 mSv/ano (critério quantitativo) ou quando a atividade de trabalho está em uma lista de trabalhos propensos a exposição ao Rn (critério qualitativo).<sup>21</sup>

Enquanto nos EUA o nível de ação é de 148 Bq/m<sup>3</sup> e na Europa é de 200 Bq/m<sup>3</sup> para as novas casas, a Organização Mundial de Saúde (OMS) propôs recentemente a redução dos níveis de exposição para valores inferiores a 100 Bq/m<sup>3</sup>.<sup>22</sup>

Três análises comparando dados de exposição individual, incluindo 13 estudos europeus, 7 norte-americanos e 2 chineses, mostrou que o Rn é um agente carcinogênico na

população geral em concentrações encontradas em casas comuns e que há uma relação linear do tipo curva dose-resposta sem evidência de um patamar, assim como evidência de um risco aumentado mesmo em concentrações abaixo de 200 Bq/m<sup>3</sup>(23,22). Em contrapartida, uma meta-análise com 60 publicações mostrou uma associação dose-resposta não linear entre a exposição ao Rn ambiental e o risco de câncer de pulmão. Este aumento do risco é particularmente evidente quando a exposição cumulativa ao Rn é bem superior à concentração limite recomendada, durante um período de tempo prolongado.<sup>24</sup>

O “manual de radônio” é um produto-chave do Projeto da OMS “Radon OMS International”, lançado em 2005. O manual centra-se na exposição ao radônio residencial do ponto de vista da saúde pública e fornece recomendações detalhadas sobre a redução dos riscos para a saúde com origem nesse gás e ações para prevenir e mitigar a exposição ao mesmo. Esta publicação destina-se a países que pretendam desenvolver os seus programas nacionais ou estender tais atividades, bem como para as partes interessadas no controle, como a indústria de construção e profissionais da construção<sup>25</sup>. É importante ressaltar que, caso ocorra uma intervenção num local, é necessária uma redução considerável da concentração de Rn e não apenas o suficiente para atingir um nível de exposição abaixo do limite inferior do intervalo recomendado.

No Brasil, a regulamentação e a legislação atualmente só abrangem os trabalhadores que lidam diretamente com grandes concentrações do gás como na mineração, por exemplo, porém não se verifica maiores informações referente às concentrações de Rn no interior das construções.

Em nossa revisão da literatura, um artigo publicado por Marques *et al.* (2006) identificou no Brasil uma concentração relativamente alta deste gás nas águas, residências, solo e cavidades onde, em alguns casos, atingiu valores acima dos limites máximos recomendados internacionalmente. Os autores sugerem que ações de intervenção sejam implementadas para a dissipação do Rn, tanto nas residências, como durante a coleta das águas para fins de consumo<sup>7</sup>.

Um estudo conduzido no Canadá demonstrou que uma estratégia de saúde pública com base em testes e mitigação teoricamente seria capaz de prevenir 11% das mortes por câncer de pulmão atribuíveis ao Rn a cada ano, se em todas as casas testadas e com níveis acima da atual diretriz canadense de 200 Bq/m<sup>3</sup> fossem mitigadas para níveis basais. Se for utilizada a diretriz da OMS de 100 Bq/m<sup>3</sup>, 28% das mortes por câncer de pulmão atribuíveis ao Rn poderiam ser evitadas anualmente<sup>18</sup>. Um estudo sueco mostrou que cerca de 25 a 30% dos casos de câncer de pulmão atribuíveis à exposição ao Rn poderiam ser evitados se todas as concentrações de Rn residenciais acima de 200 Bq/m<sup>3</sup> fossem reduzidas para 140 Bq/m<sup>3</sup>; por outro lado, se todas as exposições acima de 100 Bq/m<sup>3</sup> fossem reduzidas para 100 Bq / m<sup>3</sup>, cerca de 35 a 40% destes casos poderiam ser evitados.<sup>11</sup> Hunter *et. al* (2015) demonstraram

que a mitigação do Rn pode ter um impacto substancial no risco de câncer de pulmão, mesmo para as pessoas a partir da 6ª década de vida; tanto em fumantes, ex-fumantes e pessoas que nunca fumaram, reduzindo em cerca de um terço o risco de câncer de pulmão induzido pelo Rn.<sup>26</sup>

Um outro estudo conduzido no estado americano de Minnesota para avaliar a eficácia dos sistemas de ventilação do solo em 140 clientes selecionados aleatoriamente de seis mitigadores profissionais relatou uma concentração média de Rn pré-mitigação de 380 Bq (10,3 pCi). O Rn médio pós-mitigação nas casas foi de 30 Bq/m<sup>3</sup>, com uma redução média superior a 90%. Mesmo anos depois da mitigação, 97% destas casas tinham concentrações abaixo do nível de ação de 150 Bq/m<sup>3</sup> da Agência de Proteção Ambiental dos EUA<sup>27</sup>.

Considerando a legislação nacional brasileira, a subseção 6.1.3.2 da Norma CNEN-NN3.01 estabelece que “em situações de exposição crônica, quando ultrapassados os níveis de ação relevantes, calculados com base nos níveis de intervenção estabelecidos ou aprovados pela CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), ações remediadoras devem ser executadas”. Uma dose anual de 10 mSv deve ser usada como um valor genérico de referência para uma ação de intervenção em situações de exposição crônica. A CNEN considera sempre justificada a intervenção quando a dose existente for superior a 50 mSv por ano.<sup>28</sup>

O Ministério da Saúde, através do órgão “*Office of the Surgeon General*” e a EPA sugerem que testes sejam realizados em todas as casas para detecção da presença de Rn<sup>29</sup>.

No que se refere às políticas de prevenção do câncer de pulmão, estudo americano que revisou 65 programas de controle, mostrou que 27 (42%) tinham terminologia específica do Rn, e referiam a necessidade de melhorar o conhecimento do Rn como fator de risco. Também foram incluídos testes da casa para o Rn (n = 21), atividades de remediação (n = 11), apoio às políticas do Rn (n = 13), e avaliação de políticas (n = 1)<sup>30</sup>. Semelhante à tendência na Europa e América do Norte, o Rn interior é cada vez mais reconhecido no Brasil como um agente que contribui para o risco de câncer de pulmão. Pesquisas regionais espalhadas realizadas no Brasil têm mostrado que problema do Rn pode existir em certas regiões, mas não se sabe muito sobre a sua possível extensão total<sup>31</sup>.

## **Conclusões**

Com base em todos os dados levantados, concluímos que o Rn deve ser considerado um fator de risco para o desenvolvimento de câncer de pulmão e que medidas muito mais amplas devem ser tomadas a fim de reduzir esse risco. Sugerimos que o Ministério da Saúde, junto às entidades responsáveis, inicie políticas de investigação e mapeamento dos locais quanto ao risco de exposição a esse gás. Considera-se de fundamental importância a identificação das áreas em nosso país com valores de Rn em alta concentração de exposição.

Diretrizes para reduzir o risco à exposição a esse gás, tais como incentivo à construção de edifícios resistentes ao gás e melhorias nos seus sistemas de ventilação, são medidas importantes. É necessário também que sejam iniciadas no Brasil políticas de conscientização e educação da população sobre o que é o Rn, seus riscos e como a população pode evitá-lo.

### **Lista de abreviaturas**

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)

Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)

Environmental Protection Agency (EPA)

International Agency for Research on Cancer (IARC)

International Commission on Radiological Protection (ICRP)

Laboratório de Análises Minerais (LAMIN)}

Organização Mundial da Saúde (OMS)

Radônio (Rn)

### **Conflito de interesses**

Este trabalho não apresenta conflitos de interesse de aspectos pessoais ou econômicos.

### **Bibliografia**

1. Jemal A, Bray F, Ferlay J. Global Cancer Statistics. 2011;61(2):69-90. doi:10.3322/caac.20107.Available.
2. INCA - CÂNCER - Tipo - Pulmão.
3. General S, States U, Services H. Executive Summary. 2000:1-20.
4. Manuscript A. NIH Public Access. 2013;32(4):1-61. doi:10.1016/j.ccm.2011.09.001.Lung.
5. Impactos Radiológicos da Indústria do Fosfato. [http://cetem.gov.br/publicacao/series\\_sed/sed-56.pdf](http://cetem.gov.br/publicacao/series_sed/sed-56.pdf). Accessed August 5, 2015.

6. Juste B, Ortiz J, Verdú G, Martorell S. AIR RADON CONCENTRATION DECREASE IN A WASTE WATER TREATMENT PLANT. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015. doi:10.1093/rpd/ncv329.
7. Marques AL, Geraldo LP, Santos W. NÍVEIS DE RADIOATIVIDADE NATURAL DECORRENTE DO RADÔNIO NO COMPLEXO ROCHOSO DA SERRA DE SÃO VICENTE , SP \*. 2006;39(3):215-218.
8. Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM, et al. A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer. *J Toxicol Environ Health A*. 2006;69(7):533-597. doi:10.1080/15287390500260945.
9. Federal U, Rio DO, Do G. CONCENTRAÇÕES DE RADÔNIO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS , ROCHAS E SOLOS DE PORTO ALEGRE – RS SUBTERRÂNEAS , ROCHAS E SOLOS DE PORTO ALEGRE , RS. 2011;l.
10. Fernandes HM, Rio MAP, Franklin MR. Impactos Radiológicos da Indústria do Fosfato. *Série Estud Doc*. 2004;56(ISSN 0103-6319).
11. Axelsson G, Andersson EM, Barregard L. Lung cancer risk from radon exposure in dwellings in Sweden: how many cases can be prevented if radon levels are lowered? *Cancer Causes Control*. 2015;26(4):541-547. doi:10.1007/s10552-015-0531-6.
12. Radon and lung cancer: Assessing and mitigating the risk : Cleveland Clinic Journal of Medicine. [http://www.ccjm.org/past-issues/past-issue-single-view/radon-and-lung-cancer-assessing-and-mitigating-the-risk/12c649e4019f1cc1c60e0effbd859ddb.html?tx\\_ttnews%5BsViewPointer%5D=1](http://www.ccjm.org/past-issues/past-issue-single-view/radon-and-lung-cancer-assessing-and-mitigating-the-risk/12c649e4019f1cc1c60e0effbd859ddb.html?tx_ttnews%5BsViewPointer%5D=1). Accessed June 13, 2015.
13. US EPA OIED. Radon Health Risks.
14. Geraldo LP, Santos W, Marques AL, Botari A. MEDIDAS DOS NÍVEIS DE RADÔNIO EM DIFERENTES TIPOS DE AMBIENTES INTERNOS NA REGIÃO DA BAIXADA SANTISTA , SP \*. 2005;38(6):283-286.
15. Darby S, Hill D, Auvinen a, et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ*. 2005;330(7485):223. doi:10.1136/bmj.38308.477650.63.
16. Darby S, Hill D, Deo H, et al. 13 epidemiologic studies in Europe Residential radon and lung cancer — detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14 208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. 2010;33(1):515-516.
17. Samet JM, Avila-Tang E, Boffetta P, et al. Lung cancer in never smokers: clinical epidemiology and environmental risk factors. *Clin Cancer Res*. 2009;15(18):5626-5645. doi:10.1158/1078-0432.CCR-09-0376.
18. Thun MJ, Rudin CM. LUNG CANCER IN NEVER SMOKERS: CLINICAL EPIDEMIOLOGY AND ENVIRONMENTAL RISK FACTORS. 2011;15(18):5626-5645. doi:10.1158/1078-0432.CCR-09-0376.LUNG.
19. Veiga LHS, Koifman S, Melo VP, Sachet I, Amaral ECS. Preliminary indoor radon risk assessment at the Poços de Caldas Plateau, MG-Brazil. *J Environ Radioact*. 2003;70(3):161-176. doi:10.1016/S0265-931X(03)00101-2.
20. Parker L, Craft AW. Radon and childhood cancers. *Eur J Cancer*. 1996;32A(2):201-204.



21. Radiological Protection against Radon Exposure. [http://www.icrp.org/docs/Radiological Protection against Radon Exposure consultation.pdf](http://www.icrp.org/docs/Radiological_Protection_against_Radon_Exposure_consultation.pdf). Accessed June 13, 2015.
22. Torres-Durán M, Barros-Dios JM, Fernández-Villar A, Ruano-Ravina A. Residential radon and lung cancer in never smokers. A systematic review. *Cancer Lett*. 2014;345(1):21-26. doi:10.1016/j.canlet.2013.12.010.
23. Vogiannis EG, Nikolopoulos D. Radon sources and associated risk in terms of exposure and dose. *Front public Heal*. 2014;2:207. doi:10.3389/fpubh.2014.00207.
24. Duan P, Quan C, Hu C, et al. Nonlinear dose-response relationship between radon exposure and the risk of lung cancer: evidence from a meta-analysis of published observational studies. *Eur J Cancer Prev*. 2015;24(4):267-277. doi:10.1097/CEJ.0000000000000066.
25. WHO HANDBOOK ON INDOOR RADON.
26. Hunter N, Muirhead CR, Bochicchio F, Haylock RGE. Calculation of lifetime lung cancer risks associated with radon exposure, based on various models and exposure scenarios. *J Radiol Prot*. 2015;35(3):539-555. doi:10.1088/0952-4746/35/3/539.
27. Steck DJ. The Effectiveness of Mitigation for Reducing Radon Risk in Single-Family Minnesota Homes. *Health Phys*. 2012;103(3):241-248. doi:10.1097/HP.0b013e318250c37a.
28. POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01 / 007 NÍVEIS DE INTERVENÇÃO E DE AÇÃO PARA EXPOSIÇÃO CRÔNICA . [http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_07.pdf](http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_07.pdf). Accessed June 13, 2015.
29. CETEM - Centro de Tecnologia Mineral - Buscar.
30. Neri A, Stewart SL, Angell W. Radon Control Activities for Lung Cancer Prevention in National Comprehensive Cancer Control Program Plans, 2005–2011. *Prev Chronic Dis*. 2013;10:120337. doi:10.5888/pcd10.120337.
31. Da Silva NC, Bossew P. The planned Brazilian indoor radon survey--concepts and particular challenges. *Radiat Prot Dosimetry*. 2014;162(1-2):105-109. doi:10.1093/rpd/ncu239.