



**Presença de Radônio no Ar de Edificações da Área Abrangida pelo Granito Viamão em Porto Alegre, Brasil, Utilizando Detectores Tipo CR39**  
Presence of Radon in the Air of Buildings in the Area Covered by Viamão Granite in Porto Alegre, Brazil, Using CR39 Detectors

Paulo Henrique Prado Stefano & Ari Roisenberg

*Universidade federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Av. Bento Gonçalves 9500, 91.501-970, Porto Alegre RS.*

*E-mails: paulohenriquestefano@hotmail.com; ari.roisenberg@ufrgs.br*

Recebido em: 18/03/2019      Aprovado em: 15/07/2019

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2019\\_3\\_371\\_376](http://dx.doi.org/10.11137/2019_3_371_376)

## Resumo

O radônio ( $^{222}\text{Rn}$ ) é um gás nobre que aparece na natureza oriundo do decaimento radioativo da série do urânio ( $^{238}\text{U}$ ) e ascende até a superfície através de fraturas, poros de rochas, solos ou com a água subterrânea. Elevadas concentrações de radônio no ar ambiente aumentam os riscos de desenvolvimento de câncer nas vias respiratórias. No presente estudo foram realizadas análises de  $^{222}\text{Rn}$  no ar com detectores de radiação modelo CR-39 em diversos locais abrangidos pelo Granito Viamão em Porto Alegre, com o objetivo de investigar as concentrações deste elemento. A concentração de radônio no ar dos recintos analisados atingiu um máximo de  $103 \text{ Bq/m}^3$ , valor menor que o estabelecido como máximo permitido pela Agência Internacional de Energia Atômica de  $300 \text{ Bq/m}^3$ . Sugere-se a continuidade dos estudos sobre radônio na região, analisando outras litologias aflorantes no Município de Porto Alegre. Além disso, é importante que ocorra um monitoramento de radiação pelas autoridades locais, responsáveis pela gestão e gerenciamento ambiental, tendo em vista os efeitos nocivos da inalação de radônio à saúde humana. Palavras-chave: Radônio; Detectores CR-39; Câncer

## Abstract

Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) is a gas that occurs in nature from the radioactive decay of uranium ( $^{238}\text{U}$ ) and rises to surface through fractures in rocks, rocks porosity or groundwater. High concentrations of this element in the air of closed environments are responsible for causing lung cancer in the population. In this study, concentrations of  $^{222}\text{Rn}$  was analyzed in air in different locations of the Viamão Granite, Porto Alegre using a radiation detector called CR-39. The radon concentration in air of closed environments has reached a maximum value of  $103 \text{ Bq/m}^3$  which is below the maximum value allowed by the International Atomic Energy Agency ( $300 \text{ Bq/m}^3$ ). Finally, it is suggested further study of radon in the region, including other lithologies in the city. It is important that the authorities responsible for the management of environment be committed to monitor constantly radon concentrations since this element can be responsible for harmful effects to human health.

**Keywords:** Radon; CR-39 Detectors; Cancer

## 1 Introdução

O radônio ( $^{222}\text{Rn}$ ) é um gás nobre que aparece na natureza oriundo do decaimento radioativo da série do urânio ( $^{238}\text{U}$ ) (Tanner, 1978) (Figura 1). As rochas que possuem este elemento emitem continuamente radiação para o ambiente. Estudos da United States Environmental Protection Agency, USEPA, (1999) indicam que altos índices de radônio no ambiente são responsáveis por apresentar riscos à saúde da população. O radônio pode ser prejudicial à saúde quando inalado ou quando consumido em água. O elemento em questão é responsável por cerca de 21.000 casos de câncer de pulmão no mundo, por ano, sendo ultrapassado apenas pelo tabaco. Devido às propriedades geoquímicas, rochas granitoides com afinidades alcalinas e rochas feldspatoides são as mais enriquecidas em radônio. Nessas rochas, o radônio está presente em minerais acessórios, como zircão, apatita, monazita, titanita, entre outros (Appleton, 2005).

A Agência Internacional de Energia Atômica (2014) estabeleceu que a concentração máxima de radônio em ar de ambientes fechados é de  $300 \text{ Bq/m}^3$ . Para locais de trabalho como minas subterrâneas, a concentração máxima permitida é de  $1000 \text{ Bq/m}^3$ . A radiação oriunda do radônio e os riscos causados à saúde da população

foram devidamente estudados em países desenvolvidos, como Reino Unido, Finlândia, Alemanha, entre outros (Tabela 1). Muitos desses países fornecem níveis máximos tolerados para que uma medida preventiva seja tomada (Angell *et al.*, 2009).

País	Nível de Ação $\text{Bq/m}^3$
Austrália	200
Bélgica	400
República Tcheca	200
Finlândia	400
Alemanha	250
Irlanda	200
Israel	200
Lituânia	100
Luxemburgo	250
Holanda	20
Noruega	200
Polônia	400
Suécia	400
Suíça	1000
Reino Unido	200
E.U.A	150
Canadá	200

Tabela 1 Concentrações de radônio em ambientes fechados para que seja tomada alguma medida preventiva (Fonte: Angell *et al.*, 2009).

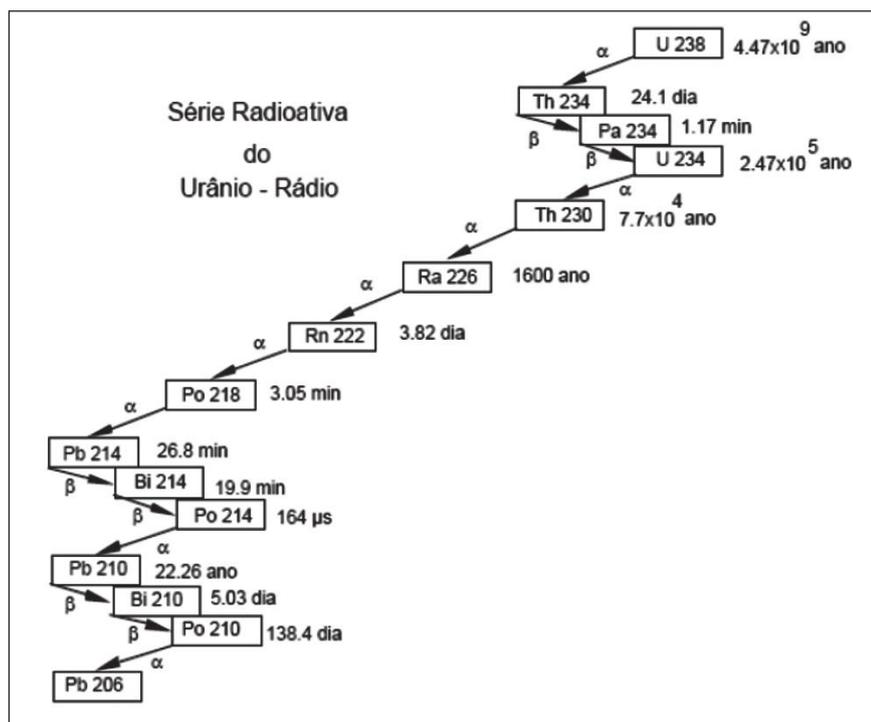


Figura 1 Série de decaimento U-Pb. (Fonte: Tanner, 1978)

A NRCP (National Council on Radiation Protection and Measurement) realizou um estudo nos Estados Unidos na década de 80 e constatou que apenas 18% da radiação é resultado de ação humana. Os outros 82% da radiação são decorrentes de processos naturais de decaimento radioativo, sendo o radônio considerado como a principal fonte natural de radiação.

Corrêa (2006) realizou um estudo de concentrações de radônio em residências no Município de Curitiba, PR. Segundo o autor, 74% das residências amostradas apresentaram concentrações de até 50 Bq/m<sup>3</sup>, 10% dos resultados ficaram entre 50 e 100 Bq/m<sup>3</sup> e 16% ficaram acima de 100 Bq/m<sup>3</sup>.

No Estado do Rio Grande do Sul, Romero-Mujalli *et al.* (2015) estabeleceram uma forte relação entre resultados gamaespectrométricos e as elevadas concentrações de radônio nos solos do Distrito de Piquiri, Município de Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul. Fianco *et al.* (2012) realizaram um estudo pioneiro de concentrações de radônio na região de Porto Alegre, RS, utilizando, principalmente, dados de concentrações em águas subterrâneas. Segundo os autores, as concentrações do elemento na região refletem a variabilidade litológica. Cerca de 50% dos poços amostrados no estudo apontaram concentrações do elemento maiores que 100 Bq/L, valor este maior do que o limite estabelecido pela Agência Internacional de Energia Atômica.

Stefano *et al.* (2017) encontraram concentrações relativamente elevadas de radônio em solos de diferentes tipos de rochas granitoides do Município de Porto Alegre, principalmente em locais cortados por lineamentos tectônicos, uma vez que essas estruturas podem facilitar o escape do gás de níveis inferiores. Dentre as litologias abrangidas em estudos anteriores, o chamado Granito Viamão representa o granitoide com as mais significativas concentrações de radônio. Esta condição justificou o aprofundamento do estudo no ar em áreas abrangidas pela unidade granítica, com ênfase em ambientes fechados de residências, galpões e outros recintos com pouca ventilação, onde este elemento pode ser acumulado, trazendo implicações na saúde da população.

## 2 Aspectos Geológicos da Região

Porto Alegre está situada na região do Batólito de Pelotas, que consiste em múltiplas injeções magmáticas. As unidades mais antigas são o Granito Viamão e Granito Independência, que são cortados por unidades mais tardias, representadas pelo Granito Canta Galo, Granito Santana e Granito Ponta Grossa (Fragoso César *et al.*, 1986) (Figura 2).

O Granito Viamão (GV), foco do presente estudo, é o maior corpo granítico do município, sendo classificado como monzogranito, com alguns termos granodioríticos. A mineralogia essencial da rocha compreende K-feldspato, plagioclásio, quartzo e biotita. Os minerais acessórios presentes são zircão, apatita, alanita, titanita opacos. Zonas de cisalhamento ocorrem próximas ao contato com o Granito Santana, sendo caracterizadas por pequenas faixas de protomilonitos, com espessuras variando de 30cm até 5m (Philipp *et al.*, 2002).

## 3 Materiais e Métodos

Existem diversas técnicas para análise de radônio no ar ambiente. Dentre essas, as técnicas mais atuais baseiam-se na coleta de uma amostra de ar e posterior contagem da radiação alfa do radônio e seus descendentes. Os descendentes do radônio podem ser medidos pela análise de partículas coletadas em filtros de ar ou com monitores contínuos de produtos de decaimento (Pereira *et al.*, 1983).

As análises de concentração de radônio no presente estudo foram realizadas utilizando detectores tipo traços (*track etch*), que consistem em uma câmara circular, contendo fragmentos de plástico. À medida que o gás penetra na câmara, o decaimento do radônio e de seus descendentes é observado sob forma de traços microscópicos (Figura 3), que são resultantes da interação de partículas alfa com o material do detector. Os traços são realçados por meio de uma solução de hidróxido de potássio, ficando assim visíveis ao microscópio. Uma vez visíveis, é feita uma contagem dos mesmos em laboratório. Para adquirir dados precisos, os detectores exigem tempos de exposição que variam de algumas semanas até um ano (Pereira *et al.*, 1983).

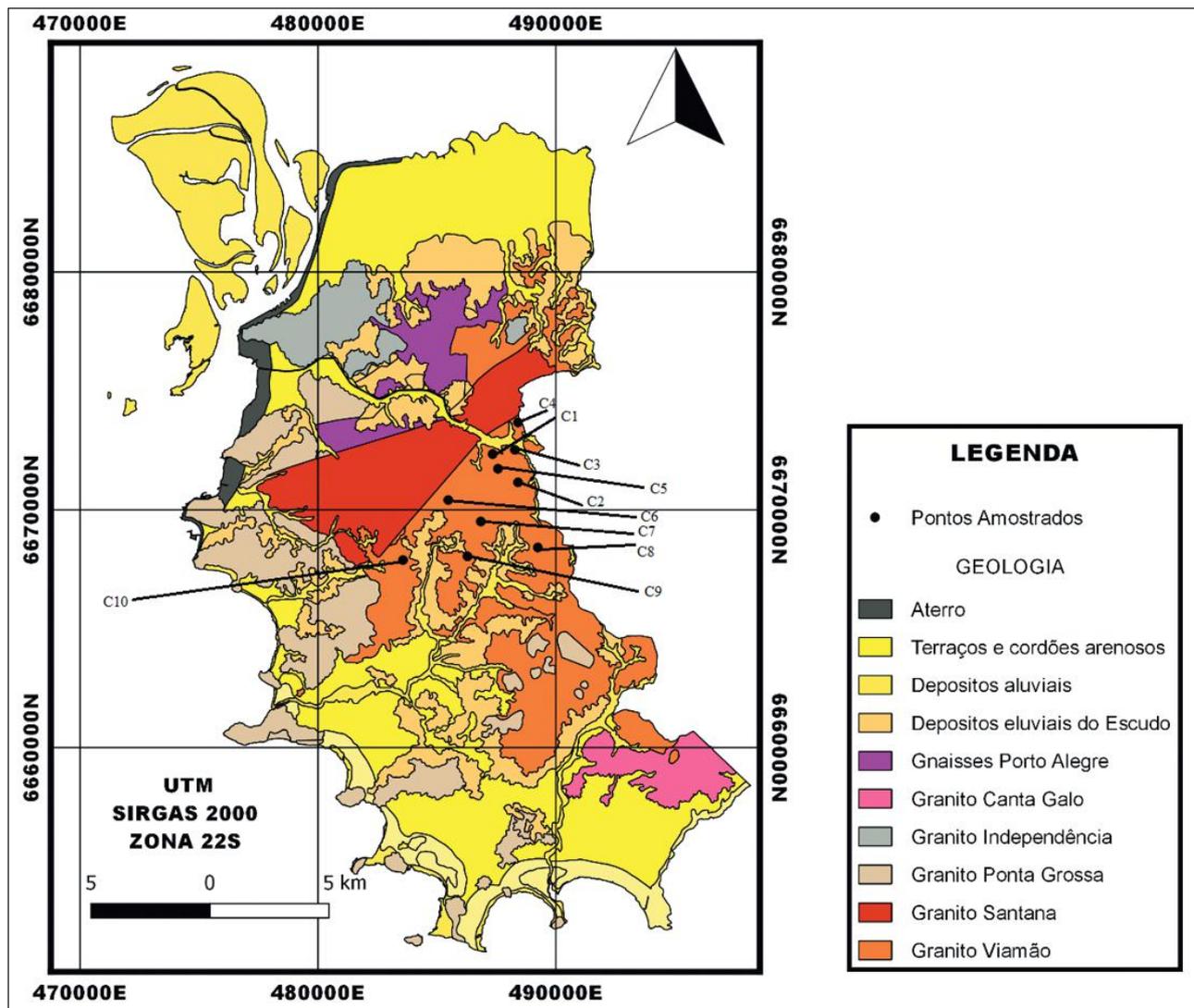


Figura 2 Mapa geológico do município de Porto Alegre RS. (Modificado de Hasenack, 2008), exibindo a localização dos pontos estudados.

Os detectores de radônio no ar utilizados para realização deste projeto foram do tipo SSNTD (Detectores de Traços Nucleares), conhecidos como CR-39 (Columbia Resin 1939), fornecidos pelo laboratório de dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear/CNEN. Os detectores são incolores, possuem densidade de  $1,30 \text{ g/cm}^3$  e espessura de  $1,0 \text{ mm}$ . Sob o ponto de vista químico são constituídos pelo chamado Carbonato Diglicol Alílico (PADC), tendo como fórmula química  $\text{C}_{12}\text{H}_{18}\text{O}_7$ . Foram selecionados locais fechados para a realização da coleta de dados, como residências, laboratórios e ambientes com ventilação restrita, pois o radônio permanece acumulado no ar do ambiente, se este

não for ventilado. Os dados foram coletados no período de inverno, onde se espera encontrar maiores concentrações do gás radônio nas residências, uma vez que os ambientes tendem a serem menos ventilados nessa época do ano. O tempo de exposição dos detectores foi de 90 dias.

#### 4 Resultados e Discussão

Os detectores CR-39 foram instalados em diferentes locais de ocorrência do Granito Viamão, incluindo residências e laboratórios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no

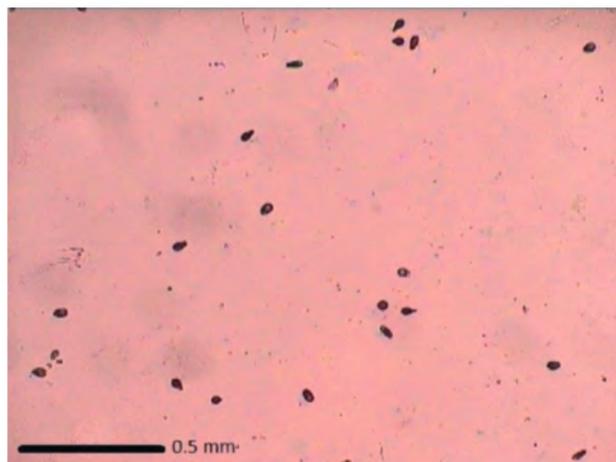


Figura 3 Traços microscópicos formados no detector C1.

chamado Campus do Vale (Figura 2 e Tabela 2). Dos dez locais, dois pontos (C1 e C2) possuem concentrações de radônio próximas do limite de  $100 \text{ Bq/m}^3$ , o primeiro ponto correspondente ao ambiente confinado de um laboratório do Centro de Microscopia Eletrônica da UFRGS, enquanto o segundo ponto localiza-se em almoxarifado do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, onde, igualmente, a ventilação é restrita. Vale ressaltar que nestes dois pontos não existem fontes externas de radiação que interfiram com os resultados, tratando-se de emanção natural. Nos demais pontos, localizados em residências e em gabinetes da universidade, as concentrações de radônio no ar são relativamente baixas, o que se relaciona com a ventilação mais efetiva dos ambientes. Os resultados estão de acordo com Corrêa (2011) que concluiu que ambientes ventilados possuem concentrações menores de radônio no ar. Em decorrência da relação direta entre a ventilação e a concentração de radônio, órgãos ambientais de países do hemisfério norte recomendam que porões de residências, que permanecem fechados durante o inverno, somente sejam ocupados depois de ventilados por vários dias e monitorados durante este período.

De acordo a Agência Internacional de Energia Atômica/AIEE (2014), a concentração mínima de radônio no ar para que sejam tomadas medidas de prevenção é de  $300 \text{ Bq/m}^3$ . No entanto, países como a Lituânia, que possui legislação ambiental própria, consideram que este limite estaria acima do permitido, sendo necessárias medidas protetivas. O Brasil não possui legislação própria para radônio e os órgãos ambientais seguem as recomendações da AIEE.

Detector	Local	Radônio ( $\text{Bq/m}^3$ )
C1	Porão UFRGS	103
C2	Recinto UFRGS	94
C3	Recinto UFRGS	21
C4	Recinto UFRGS	45
C5	Recinto UFRGS	24
C6	Recinto UFRGS	36
C7	Residência	17
C8	Residência	29
C9	Residência	22
C10	Residência	35

Tabela 2 Detectores CR39 e suas respectivas concentrações.

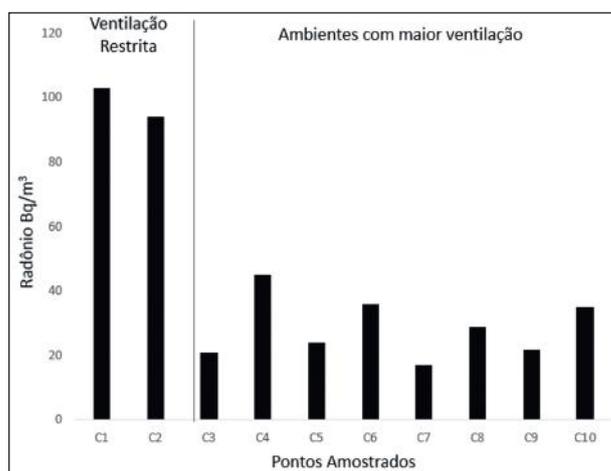


Figura 4 Concentrações de radônio nos pontos C1 – C10, mostrando concentrações de Rn mais elevadas em ambientes com ventilação restrita.

A presença de radônio em edificações tem sido relacionada com a presença de fissuras no piso, através das quais o gás invade os recintos. Baixas concentrações de radônio encontradas em residências e edifícios na região do estudo (média de  $30 \text{ Bq/m}^3$ ) devem-se, provavelmente, à retenção do radônio nos solos (Fianco, 2011; Stefano, 2017). Tendo em vista que os resultados de concentração de radônio em Porto Alegre estão nos limites estabelecidos pela Agência Internacional de Energia Atômica não serão necessárias, a priori, medidas imediatas de mitigação.

## 5 Conclusões

A análise de radônio no ar de recintos fechados foi realizada durante os meses de inverno, mais propícios à detecção, pela ventilação menor do

ambiente. As análises utilizaram detectores CR-39, instalados em 10 (dez) locais na área de exposição do Granito Viamão em Porto Alegre. Os resultados produziram valores que se situam abaixo do limite protetivo de 300 Bq/m<sup>3</sup>, estabelecido pela Agência Internacional de Energia Atômica, mas próximos aos limites preconizados por alguns países do Hemisfério Norte (100 Bq/m<sup>3</sup>).

Os resultados demonstraram que existe uma relação direta entre a condição de ventilação do recinto e a concentração de radônio contido no ar das edificações. A transferência de radônio na forma de gás, a partir do solo, se faz através de fissuras do pavimento das edificações, conforme demonstram estudos anteriores. Assim, as concentrações relativamente baixas deste elemento (~30 Bq/m<sup>3</sup>) no ar ambiente de recintos localizados na área de ocorrência do Granito Viamão, podem ser explicadas pela existência de pavimentos íntegros, que confinam o radônio nos poros de solos residuais.

As concentrações mais elevadas, localizadas em recintos com pouca ou nenhuma ventilação, atestam o efeito cumulativo e identificam que as autoridades competentes deveriam ampliar os estudos para outras áreas da cidade onde existem ambientes fechados, como garagens subterrâneas, pavilhões industriais e porões, tendo em vista os efeitos nocivos da inalação de radônio à saúde humana.

## 6 Referências

- Angell, W. J.; Zeeb, H. & Shannon, F. 2009. *WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective*. Geneva, World Health Organization. 95 p.
- Appleton, J.D. 2005. Radon in air and water. In: SELINUS, O. (ed.). *Essentials of Medical Geology: impacts of the natural environment on public health*. Elsevier, p. 227-262.
- Beir VI. 1999. *Health Effects of Exposure to Radon*. Washington, DC, The National Academies Press. 516 p.
- Corrêa, J.N. 2006. *Avaliação de Concentração de radônio em Ambientes de Convívio Humano na Região Metropolitana de Curitiba*. Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dissertação de mestrado, 111p.
- Corrêa, J.N. 2011. *Avaliação dos níveis de concentração de radônio em ambientes e águas de poços no estado do Paraná*. Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Tese de doutorado, 113p.
- Fianco, A.C.B.; Roisenberg, A. & Bonotto, D.M. 2012. Radon emissions related to the Granitic Precambrian shield in southern Brazil. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 48(1): 122 – 131.
- Fragoso Cesar, A.R.S.; Figueiredo, M.C.H.; Soliani Jr., E. & Faccini, U.F. 1986. O Batólito de Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. in: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. *Anais do Congresso*, Goiânia, p. 1322-1343.
- Hasenack, H.; Weber, E. & Marcuzzo, S. 2008. *Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação e Ocupação*. Porto Alegre, Secretaria Municipal do Meio Ambiente. 84 p.
- International Atomic Energy Agency. 2014. *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources*, International Basic Safety Standards, Vienna, IAEA. 471 p.
- Pereira, J.F.A.; Silva Estrada, J.J.; Binns, D.A.C. & Urban, M. 1983. *Radon measurements technique in air using a track plastic detector*. Rio de Janeiro, International Nuclear Information System. 12 p.
- Philipp, R.P.; Machado, R.; Nardi, L.V.S. & Lafon, J.M. 2002. O magmatismo granítico neoproterozóico do Batólito Pelotas no sul do Brasil: Novos dados e Revisão da geocronologia regional. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(2): 277 – 290.
- Romero-Mujalli, G. & Roisenberg, A. 2015. Espectrometria de raios gama e emissão de radônio em solos da região do Maciço Sienítico Piquiri (Cachoeira do Sul e Encruzilhada do Sul, RS). *Pesquisas em Geociências*, 43(2): 153-168.
- Stefano, P.H.P.; Roisenberg, A.; Gallas, J.D.F. & Rocha, Z. 2017. Análise de radônio no solo para prospecção de água em aquíferos fraturados. *Águas Subterrâneas*, 31(3): 168-180.
- Tanner, A.B. 1978. Radon migration in the ground: A supplementary review. Houston, U.S Department of Energy. 51 p.
- USEPA United States Environmental Protection Agency. 1999. Radon in drinking water health risk reduction and cost analysis. *Federal Registers*, 64(38): 9560-9599.