Originalmente publicado na Revista COOPEX/FIP (ISSN:2177-5052). 9ª Edição - Vol. 09 - Ano: 2018. No seguinte endereço: http://coopex.fiponline.edu.br/artigos

A PRESENÇA DO GÁS RADÔNIO NO COTIDIANO E SUAS CONSEQUÊNCIAS NA SAÚDE

Helder Santos de Figueiredo[1*]
Rodrigo Diniz Paiva[2**]
Cláudia Patrícia Varela Valença[3***]

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de revisar na literatura a relação do radônio em ambientes internos de residências e suas implicações na saúde, enfatizando as medidas de proteção recomendadas, auxiliando ao público em geral, como também a futuras pesquisas, a ter um maior conhecimento sobre a temática. A pesquisa é um estudo bibliográfico que utilizou as bases de dados PubMed/MedLine, BIREME, LILACS e SciELO. Nas bases de dados foram encontrados 250 artigos, porém apenas 10 estavam dentro dos critérios estabelecidos para a finalidade da pesquisa. Dentre os riscos a saúde, provocado pelo gás radônio, está o câncer de pulmão, sendo a principal causa entre os não fumantes. O estudo possibilitou concluir que são evidentes os riscos que a presença do radônio no ambiente pode causar à saúde, medidas de prevenção e mitigação são necessárias, não somente para locais em que o índice do radônio é alto, como para os de menor índice.

Palavras-chaves: Ambientes internos. Radônio. Saúde.

ABSTRACT

This work aimed to review the literature on the relationship of radon in indoor residential environments and its health implications, emphasizing the recommended protection measures, helping the general public as well as future research to have a better knowledge of the theme. The research is a bibliographic study that used the databases PubMed / MedLine, BIREME, LILACS and SciELO. In the databases were found 250 articles, but only 10 were within the criteria established for the purpose of the research. Among the health risks, caused by the radon gas is lung cancer, being the main cause among nonsmokers. The study made it possible to conclude that the risks that the presence of radon in the environment can cause to health are evident, preventive and mitigation measures are necessary, not only for places where the radon index is high, but also for those with a lower index.

Keywords: Health. Indoor environments. Radon.

[1*] Discente do Curso de Bacharelado de Tecnologia em Radiologia das Faculdades Integradas de Patos – Paraíba, Brasil. E-mail: heldsantos2012@gmail.com.
[2**] Discente Concluinte do Curso de Bacharelado de Tecnologia em Radiologia das Faculdades Integradas de Patos – Paraíba, Brasil.
[3***] Professora Mestre do Curso de Bacharelado de Tecnologia em Radiologia das Faculdades Integradas de Patos, Paraíba, Brasil.

INTRODUÇÃO

A radiação natural é responsável pela maior fonte de radiação recebida pela população, e o grau de exposição depende de vários fatores, dentre eles estão à localização geográfica, origem geológica dos solos, historia do clima e hidrologia, uso do solo e o estilo de vida daquela população (VANCONCELOS, 2010).

Os radionuclídeos são as fontes naturais da Terra desde a sua formação, o U^{238}, U^{235}, U^{232}, K^{40} e seus decaimentos são as fontes que contribuem para a exposição ambiental (VILLA VERDE, 2008). Onde houver maior concentração destes, maior será o nível de radiação naquela localidade. Essa exposição terrestre corresponde a aproximadamente 83% da dose anual, deste total 13% provém do K^{40}, a grande parte (53%) decorre do radônio (Rn) e 17% de outros radionuclídeos das séries do Urânio-238 e Tório-232 (MELO, 2008).

O radônio é um gás formado a partir do rádio, que por sua vez é o decaimento do urânio. E ambos estão na natureza em solos e rochas. O gás radônio tem meia vida de 3,8 dias, sua tendência é se concentrar em ambientes fechados onde à ventilação é mínima, como em minas e casas. Este gás é um dos principais emissores de radiação ionizante natural (OMS, 2016).

O perigo deste gás está na sua inalação, pois quando está no processo de decaimento radioativo ele emite radiação alfa, que por sua vez, interagem com o tecido biológico dos pulmões levando a alterações genéticas, e o câncer está ligado a esta alteração por meio da mutação das células, e a proliferação dessas células modificadas levam ao organismo a estar propenso ao desenvolvimento do câncer (OMS, 2016; SCHUZ et al., 2015).

O radônio é o segundo fator de risco do câncer de pulmão para a população de fumantes, sendo o primeiro para os não fumantes. Considerando esses dados a OMS recomenda um nível de referência de 100 Bq/m^3 com propósito de minimizar os riscos da exposição ao radônio em ambientes internos. Quando este nível não pode ser alcançado, o nível não pode ultrapassar 300 Bq/m^3 sendo cerca de 10 mSv ao ano (OMS, 2016).

A índia e o Brasil são regiões de alto background (regiões que apresentam níveis de radioatividade ambiental elevados), pelo fato de possuírem altas concentrações de minerais radioativos (MELO, 2008). De acordo com informações da Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos EUA cerca de 20 mil pessoas morrem por câncer causado pelo radônio em ambientes internos de imóveis. E para a população fumante os riscos de desenvolvimento dessa doença são ainda maiores (EPA, 2013; EPA, 2012).

Em ambientes abertos, ao ar livre, o radônio tem níveis baixos, porém ao se relacionar com ambientes internos e com pouca corrente de ar, esses níveis são bem altos, passando a ser um risco à saúde. Os solos são o principal difusor do radônio, as construções edificadas sobre esse solo terão altas concentrações de Rn, necessitando de estratégias de minimização, como uma maior ventilação para pode esvaí-lo (GERALDO et al., 2005).

Na população Brasileira há certo desconhecimento acerca do assunto, existindo no país poucos estudos que relacionem a exposição do radônio ao desenvolvimento do câncer de pulmão em ambientes fechados. Diante disso, esta pesquisa tem a finalidade de revisar na literatura sobre a relação do radônio em ambientes internos de residências e suas implicações na saúde, enfatizando as medidas de proteção recomendadas, auxiliando ao público em geral, como também a futuras pesquisas, a ter um maior conhecimento sobre a temática.

REVISÃO DE LITERATURA

DESCOBERTA DO RADÔNIO

Inicialmente, Robert B. Owens, em 1899 em suas pesquisas percebeu nos compostos do tório uma radioatividade reduzida quando expostos ao ar. Rutherford, em 1904 deu continuidade ao estudo desse fenômeno e notou que os compostos do tório emanavam um gás também radioativo, esse fenômeno foi chamado de “emanação do tório”. Somente em 1910, Ramsay e Robert Whytlaw-Gray verificaram o isolamento dessa emanação na quantidade da ordem de 0,1 mm^3. Reconhecendo que o radônio era o gás mais denso conhecido, estabelecendo sua massa molar (222,5 g/mol) (PETTA E CAMPOS, 2013).

A IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada) no ano de 1923, baseada nos estudos de Curt Schmidt e Elliot Q. Adams, estabeleceu o nome radônio para até então conhecido como “emanação do tório” (vindo do latim *radonium*, com símbolo Rn, emanado do rádio). Alguns anos depois, foi percebido que as emanações pertenciam ao mesmo elemento químico. O radônio vindo do Rn^{222}, o Tn do isótopo Rn^{220} e An do isótopo Rn^{219}. Na desintegração de todos, há emissão de radiação alfa, produzindo o elemento polônio (PETTA E CAMPOS, 2013).

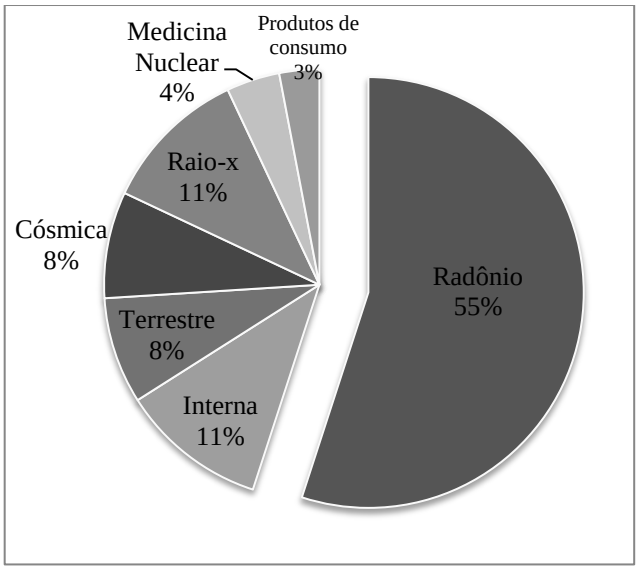
RADIOATIVIDADE NATURAL E ARTIFICIAL

A radioatividade artificial está diretamente associada ao bombardeamento de átomos por meio de partículas aceleradas. Nesse processo acontece uma transformação dos átomos bombardeado em átomos de outro elemento, e na natureza esse processo não ocorre. O resultado desse bombardeamento pode ser tanto um isótopo natural como artificial (CARDOSO, 2012).

Na natureza, a radioatividade acontece espontaneamente em elementos específicos emitindo radiações alfa, beta e gama. Isso ocorre devido às desintegrações que os elementos radioativos realizam para encontrar sua estabilidade. Porém apenas um decaimento não significa que os mesmos encontraram sua estabilidade, ocorrendo outras até conseguir o equilíbrio (CARDOSO, 2012).

A dose anual de radiação recebida pela população em geral é aproximadamente 81% natural e o restante provém de fontes artificiais. Desse total de radiação natural, 55% advêm do radônio encontrado principalmente em matérias de construção, e as outras fontes de radiação provem de raios-X (11%) com finalidade médica (IPEN, 2002 ; EPA, 2013), conforme mostra na figura 1.

Figura 1 – Distribuição dos tipos de radiação oriunda de fontes naturais e artificiais



Fonte: Adaptado de UNSCEAR, 2000.

O urânio e o tório estão presente na maior parte das rochas, solos e minérios, como resultante dos decaimentos, os materias consequente da desintegração também estarão presentes, como o radônio e o torônio. São gases que serão emanados nos ambientes

construidos com materias como cerâmica, pedra, granito, concreto, etc., devido eles possueirem peso atomido alto, sua concentração está mais elevada proximos do solo, assim os seres vivos respiram esses gases radioativos constantemente (UNSCEAR, 2008).

Pelo fato das meias vidas curtas dos descendentes do radônio e torônio conciliarem com o tempo de metabolismo, quando são inalados ou ingeridos, esse decaimento ocorre dentro do organismo, fazendo com que os órgãos e tecidos sejam irradiados, principalmente por radiação alfa (UNSCEAR, 2008).

RADÔNIO E SAÚDE

O radônio é um tipo de gás nobre que está associado ao urânio proveniente de solos, rochas e águas subterrâneas, é o único que se apresenta nas condições sob forma de gás, sendo invisível, insipido e inodoro, seu perigo aumenta por não ser detectado pelos sentidos do ser humano, apenas com detectores próprios para essa medição. É apresentado na natureza sob 39 isótopos distintos, desde o Rn^{193} até o Rn^{231}.

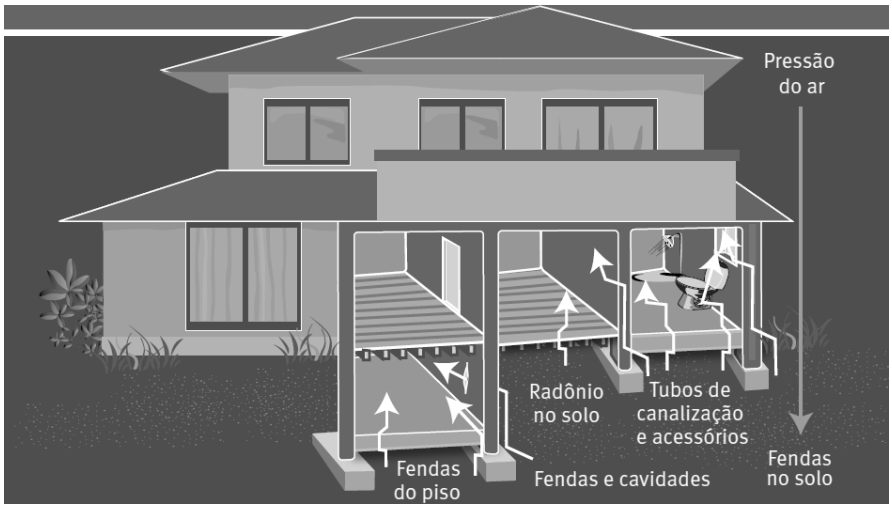
Dentre esses isótopos, o Rn^{222} ao se desintegrar emite partículas alfa, e sua meia-vida de 3,82 dias faz com que fique mais tempo suspenso no ar, e quando inalado se instala nos pulmões, e nesse momento surge o problema com os produtos de sua desintegração acontecendo dentro do organismo (EPA, 2003).

Os elementos provenientes do radônio são chamados de RDP (Progênie do Decaimento do Radônio). O primeiro RDP do Rn^{222} é o Po^{218} e depois o Po^{214}, ambos também emitem partículas alfa. Dentro do pulmão quando ocorrem essas desintegrações, a emissão da radiação alfa danifica as células daquela região do organismo, levando em longo prazo, ao câncer. Apesar de outros elementos também desintegrarem emitindo outras formas de radiação, como a beta e gama, essas não são tão danosas comparadas às emissões alfa (BRITO, 2013).

Devido ao radônio ser o único decaimento do urânio sob a forma de um gás radioativo, a sua inalação é um risco à saúde e uma preocupação ambiental. Sendo radioativo e tendo características nucleares, o Rn é classificado pela OMS como um agente cancerígeno. Ele tem a capacidade de migrar da localidade onde se encontra o urânio para solos circunvizinhos. Em todo o planeta, uma média de 2 átomos de radônio são emitidos por segundo a cada centímetro quadrado de solo. Por isso, praticamente todas as residências do planeta, tanto em ambientes internos e externos tem a presença desse gás radioativo, e sempre haverá a ocorrência dele nos vários tipos de ambientes (ANL, 2005; EPA, 2012). O radônio entra para

dentro dos imóveis, migrando do subsolo através de fendas e fissuras naturais da construção de casas e prédios, como mostra na figura 2.

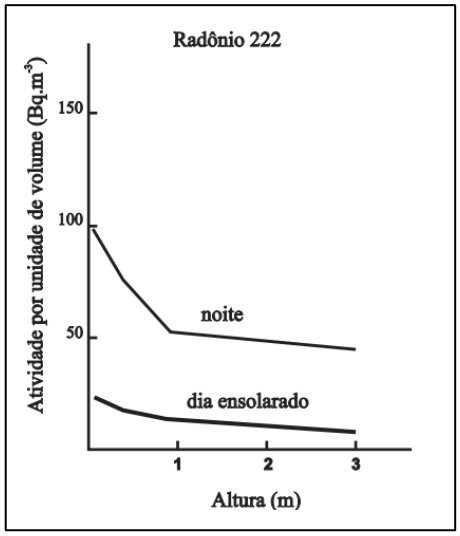
Figura 2 – Acesso do radônio no interior nas construções



Fonte: UNEP, 2016.

O solo e a água subterrânea são as maiores fontes geradores de radônio e, este potencialmente prejudicial à saúde (BRITO, 2013). Quanto maior for à altura em relação ao solo e dependendo do horário, as concentrações de radônio são variadas, conforme figura 3.

Figura 3 – Distribuição da variação da concentração do radônio com a altura em relação ao solo e as variações da concentração durante o dia



Fonte: UNSCEAR, 2008

Os trabalhadores de minas foram os primeiros a serem estudados para saber a associação do risco de câncer de pulmão e a exposição ao radônio. Contudo, percebeu que os níveis de exposição que estes mineradores apresentavam eram parecidos com os presentes em ambientes internos de imóveis. Desse modo, começou-se a estudar sobre os riscos do radônio na população em geral, com foco em ambientes fechados (MAGALHÃES et al., 2003).

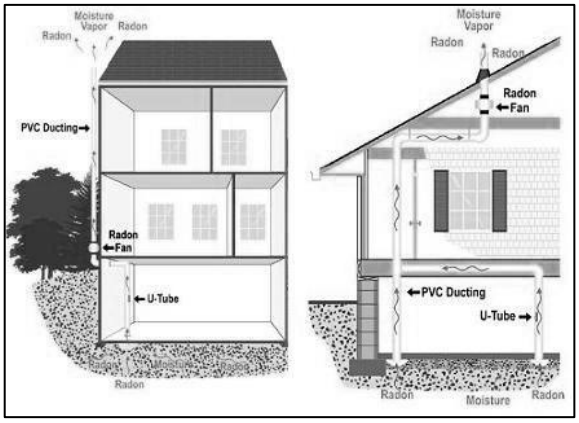
MEDIDAS DE PROTEÇÃO E PREVENÇÃO CONTRA O RADÔNIO

Para o controle do radônio são usadas duas linhas de proteção, a primeira destinada para construções de novas habitações, denominada de prevenção, e a segunda destinada à redução do gás radônio em residências existentes, que é chamada de mitigação. Para cada uma delas são usadas técnicas semelhantes, com diferenças em detalhes, porém em ambos, será sempre avaliado o custo-efetividade de cada método para instalação (OMS, 2016).

As estratégias de prevenção e mitigação de radônio se baseiam na diferença de pressão do solo para o imóvel, pois esse mecanismo é fundamental para que esse gás entre nas residências. Essa redução é conseguida com a despressurização do solo (ativa ou passiva) (OMS, 2016).

A despressurização do solo ativo é umas das técnicas usadas para a redução do gás radônio em uma residência, esse método consiste na instalação de um tubo através do andar base e é interligado para fora da casa, um ventilador ligado a esse tubo irá retirar o gás para fora antes mesmo de o gás entrar na construção (OMS, 2016), como demostra na figura 4.

Figura 04 – Método de despressurização do solo



Fonte: AIRTIGHT ENERGY RADON SOLUTIONS (2011)

A ventilação é um dos pontos chaves para permitir à troca de ar, a vedação das fissuras, fendas e aberturas das paredes e pisos, a renovação de pisos, porões e/ou cômodos subterrâneos também são importantes, pois como falado anteriormente quanto mais perto do solo, maior é a exposição ao radônio (EPA, 2009).

A OMS (2016) cita ainda algumas estratégias para minimizar o radônio das residências, como a vedação das superfícies em contato com o solo, barreiras para gases do solo, ventilação passiva e ativa de cavas (referindo-se ao pequeno espaço entre o solo e o primeiro piso da casa), despressurização ativa e passiva do solo (são os métodos mais comuns) e ventilação equilibrada (essa ventilação consiste em equilibrar o fluxo de ar extraído de um espaço e conduzido a outro).

METODOLOGIA

Esta pesquisa constitui-se de uma revisão bibliográfica, que é o levantamento de publicações em forma de revistas, artigos, livros, e entre outras, tendo a finalidade de fazer um elo entre o pesquisador e todo o material escrito ou digital sobre determinado assunto (MARCONI E LAKATOS, 2003).

A pesquisa bibliográfica se estrutura no levantamento de materiais já publicados com finalidade de analisar posições diversas e distintas em relação a determinado assunto. Colocando o pesquisador em contato com o que já se produziu e registrou a respeito da temática abordada no seu estudo, reunindo estudos, atualizando outros pesquisadores (GIL, 2010).

Em relação à natureza do estudo, é uma pesquisa básica, Quanto à natureza, a pesquisa é básica, já que, tem a intenção de produzir conhecimentos úteis ao progresso cientifico, não tendo planejamento para alguma aplicação prática (MARKONI E LAKATOS, 2003).

Para a pesquisa online foram usados os seguintes descritores em português: “Ambientes internos”, “Radônio” e “Saúde”, e os descritores em inglês usados foram: “radon”, “Indoor environments” e “health”. As buscas dos trabalhos científicos ocorreram por meio da pagina virtual do Google Acadêmico utilizando as bases de dados: PubMed/MedLine, BIREME, LILACS e SciELO. Um dos critérios para seleção dos artigos foi em relação a data de publicação que deveria está entre os anos de 2013 a 2018 e estivessem relacionando a exposição ao radônio com riscos a saúde.

Para seleção dos trabalhos científicos foram lidos os resumos e eliminados os que não tinham uma conexão com o objetivo deste trabalho, em seguida foram lidos na íntegra, e assim, restaram 10 artigos e todos no idioma inglês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Informações acerca dos artigos selecionados (autor, título, idioma e ano) estão expostas na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos artigos selecionados

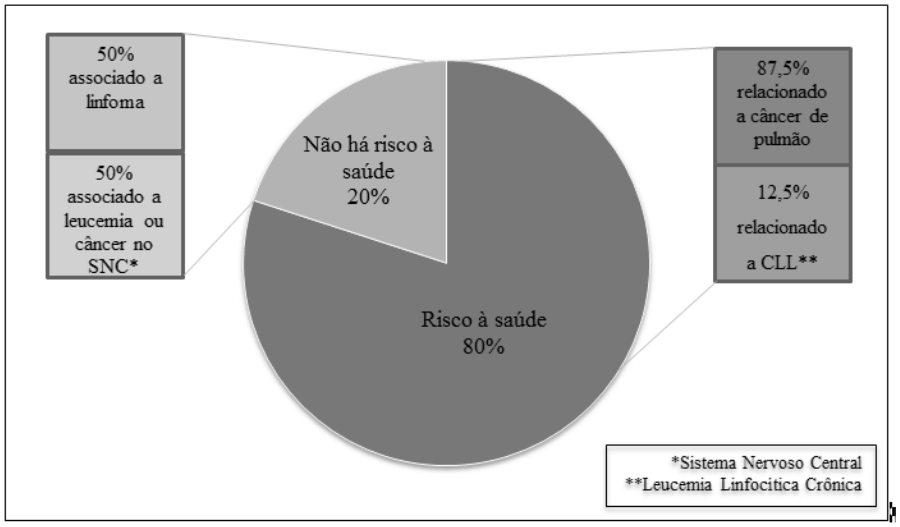
Autor	Título	Idioma	Ano
Abente et al.	Residential radon and cancer mortality in Galicia, Spain	Inglês	2018
Grundy et al.	Lung cancer incidence attributable to residential radon exposure in Alberta in 2012	Inglês	2017
Chen	Canadian population risk of radon induced lung cancer—variation range assessment based on various radon risk models	Inglês	2017
Hassfjell et al	Lung cancer prevalence associated with radon exposure in Norwegian homes	Inglês	2017
Schwartz e Klug	Incidence rates of chronic lymphocytic leukemia in US states are associated with residential radon levels	Inglês	2016
Lorenzo et al.	Residential radon and lung cancer. An ecologic study in Galicia, Spain	Inglês	2015
Peckham et al.	Residential Radon Exposure and Incidence of Childhood Lymphoma in Texas, 1995–2011	Inglês	2015
Lee et al.	Risks of Lung Cancer due to Radon Exposure among the Regions of Korea	Inglês	2015
Kollerud et al.	Risk of leukaemia or cancer in the central nervous system among children living in na area with high indoor radon concentrations: results from a cohort study in Norway	Inglês	2014
Peterson et al.	Lung cancer risk from radon in Ontario, Canada: how many lung cancers can we prevent?	Inglês	2013

Fonte: os Autores, 2018.

Foi possível perceber na Tabela 1 que todos os artigos selecionados são do idioma inglês e em sua maioria estão nos anos de 2017 e 2015, sendo ambos 30% do total. O restante (10%) está distribuído nos anos de 2018, 2016, 2014 e 2013, respectivamente.

No Gráfico 1 mostra-se o percentual encontrado nos artigos selecionados em relação se há riscos à saúde devido a exposição do radônio e quais os riscos encontrados.

Gráfico 1 - Relação dos riscos à saúde devido ao radônio e quais os riscos encontrados



Fonte: os Autores, 2018.

De acordo com os artigos selecionados, pode-se perceber que em sua grande maioria (80%) relacionavam algum risco a saúde associado à exposição do radônio, destes 87,5% constatou a inalação do radônio causa como principal risco, o câncer de pulmão. Como mostra nos estudos de Chen (2017) evidenciado que o risco da população estudada de câncer de pulmão induzido por radônio pode variar de 5,0 a 17% para homens e 5,1 a 18% para mulheres. E em longo prazo foram atribuídas 13% das mortes por câncer de pulmão do sexo masculino e 14% do sexo feminino.

Grundy et al. (2017) constataram em suas pesquisas que 16,6% dos cânceres de pulmão estão relacionados com a exposição ao radônio, e esse índice é mais frequente na população não fumante. Abente et al. (2018) confirma em seus estudos que, além da relação radônio e câncer, houve também relação com o índice de mortalidade e o aumento da exposição a esse gás radioativo.

Apesar da grande frequência da associação do câncer de pulmão com a exposição ao radônio, Schwartz e Klug (2016) estudando a Leucemia Linfocítica Crônica (CLL) verificaram nos seus resultados que houve uma associação dessa patologia ao radônio, abrangendo o leque de riscos a saúde que esse gás traz para a população em geral.

Alguns artigos (20% do total) relacionaram a presença do radônio com outras patologias como a leucemia ou câncer no Sistema Nervoso Central entre Crianças menores de 15 anos, porém não houve associação entre esses dois fatores (KOLLERUD et al., 2014), mostrando que a presença desse gás não apresenta risco para as doenças citadas. Entretanto os autores alertam a necessidade de novas pesquisas na área para ter mais evidências sobre os riscos do radônio.

Peckham et al. (2015) que estudou também a relação do radônio a alguma implicância na saúde, especificamente linfomas em geral e por subtipo: Hodgkin (HL), Non-Hodgkin e excluindo Burkitt (BL) e difundir células B grandes (DLBCL), constatou que não houve evidências de que a exposição ao radônio residencial cause tais patologias.

Estimativas mostraram que 91% de mortes por câncer de pulmão seriam prevenidas, se medidas de mitigação fossem efetivadas em imóveis com índice de radônio acima de 200 Bq/m^3, e se remediadas quando atingissem 100 Bq/m^3 esse índice seria bem menor, de 233 mortes a menos (PETERSON et al., 2013).

A concentração de radônio nas residências é um fato e sempre vai ser um fator de risco na saúde, Hassfjell et al., (2017) constatou que a média de radônio nas suas pesquisas nas residências foram de 88 Bq/m^3, uma média já alta, pois apenas pelo fato do radônio está presente no ambiente há uma grande probabilidade de, a longo prazo, de desenvolver alguma patologia. Em outro estudo, Lee et al. (2015) evidenciaram que esse índice em alguns locais na Coréia foram maiores (95 e 91,7 Bq/m^3) também foi correlacionado câncer de pulmão e o gás radioativo, dando um resultado positivo a essa relação

Lorenzo et al. (2015) demostra nos resultados de sua pesquisa que a concentração mediana de radônio nas residências para os municípios analisados foi de 75 Bq / m^3, com uma faixa interquartil de 40,7 - 154 Bq / m^3. A relação feita com o câncer de pulmão e a concentração do gás foram evidenciadas para o sexo masculino, sendo estatisticamente não significante para as mulheres, isto significa que, neste estudo os homens foram mais propensos a desenvolver este tipo de câncer devido a esse gás.

CONCLUSÃO

A revisão de literatura permite aos pesquisadores, tanto do próprio estudo como de estudos futuros, a se nortearem com pesquisas atuais e se fundamentarem com resultados já encontrados reunidos em uma pesquisa.

De acordo com a literatura analisada, pode-se perceber que são evidentes os riscos que a presença do radônio no ambiente pode causar à saúde, medidas de prevenção e mitigação são necessárias, não somente para locais em que o índice do radônio é alto, como para os de menor índice.

No Brasil, os estudos sobre essa relação é pouco estudado, como tal o desconhecimento pela população sobre a temática provavelmente também é escasso. Para que

medidas possam ser tomadas é indiscutível a necessidade de pesquisas para aprofundamento do assunto.

Uma vez que o radônio causa riscos a saúde e que o mesmo está presente em plenamente todos os locais, sejam em baixas ou altas doses, essa pesquisa constatou que o câncer de pulmão foi à patologia mais associada à exposição esse gás em ambientes internos de residências e medidas de proteção são necessárias, principalmente um aumento da ventilação, sendo este um grande aliado para minimização da concentração do mesmo.

REFERÊNCIAS

AIRTIGHT ENERGY RADON SOLUTIONS. Radon Mitigation and Building Science. 2011. Disponível em: http://airtightradon.com/radon-mitigation. Acessado em 18/02/2018.

ANL – ARGONNE NATIONAL LABORATORY, Radiological and Chemical Fact Sheets to Support Health Risk Analyses for Contaminated Areas; Human Health Fact Sheet: Uranium, 2005.

BARBOSA-LORENZO, R.; RUANO-RAVINA, A.; CARAMÉ, S.C.; BARROS-DIOS, J.M. Residential radon and lung cancer. An ecologic study in Galicia, Spain. **Med Clin (Barc)**. 2015;144(7):304–308

BRITO, Adelson S. de. **Medição de concentrações de radônio em ambientes da Região Metropolitana de Salvador, BA**. - Salvador: 2013.

CARDOSO, Eliezer de Moura**. A energia nuclear**. - 3.ed.- Rio de Janeiro: CNEN, 2012.

CHEN, J. Canadian population risk of radon induced lung cancer—variation range assessment based on various radon risk models. **Radiation Protection Dosimetry** (2017), Vol. 177, No. 1-2, pp. 63–68.

EPA. United States Environmental Protection Agency. Radon (Rn). 2012. Disponível em: http://www.epa.gov/radon/. Acessado em: jan. 2018.

EPA. United States Environmental Protection Agency . A Citizen’s Guide to Radon. 1/10/ 2013. Disponível em: http://www.epa.gov/ radon/pubs/citguide.html acessado em janeiro de 2018.

GERALDO, L.P.; SANTOS, V.; MARQUES, A.L.; BOTARI, A. Medidas dos níveis de radônio em diferentes tipos de ambientes internos na região da Baixada Santista-SP. **Radiol Bras**.v.38, n 4, p.283-6, 2005.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GRUNDY, A. et al. Lung cancer incidence attributable to residential radon exposure in Alberta in 2012**. CMAJ OPEN**, 5(2), 2017.

HASSFJELL, C.S.; GRIMSRUD, T.K.; STANDRING, W.J.F.; TRETLI, S. Lung cancer prevalence associated with radon exposure in Norwegian homesTidsskrift for Den norske legeforening, 2017.

IPEN, 2002 - BELLINTANI, S. A.; GILI, F. das Neves - Noções Básicas de Proteção Radiológica, Apostila do IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares 2002. Disponível em: http://www.engeworks.com.br/arquivos/ Acessado em: fev. 2018

KOLLERUD, R.D.R.; BLAASAAS, K.G.; CLAUSSEN, B. Risk of leukaemia or cancer in the central nervous system among children living in na area with high indoor radon concentrations: results from a cohort study in Norway. **British Journal of Cancer**, pag. 111, 1413–1420, 2014.

LEE, H.A. et al. Risks of Lung Cancer due to Radon Exposure among the Regions of Korea. **J Korean Med Sci** 2015; 30: 542-548

LÓPEZ-ABENTE, G. Residential radon and cancer mortality in Galicia, Spain. **Science of the Total Environment** 610–611, 2018.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de metodologia científica**. - 5. ed. - são paulo : atlas 2003.

MAGALHÃES, M.H.; AMARAL, E.C.S.; SACHETT, I.; ROCHEDO, E.R.R. Radon-222 in Brazil: an outline of indoor and outdoor measurements. **J Environ Radioact**. v. 67, p.131–43, 2003.

MELO, N. M. P. **Avaliação da dose interna devida ao 226Ra, 228Ra e 210Pb nos suprimentos de água para abastecimento público da região Metropolitana do Recife**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Nuclear), Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p 121, Recife, 2008.

OMS. **Manual sobre radônio em ambientes internos: uma perspectiva de saúde pública** / editado por Hajo Zeeb e Ferid Shannoun. – São Paulo, SP : 1ª Edição, 2016.

PECKHAM, E.C.; SCHEURER, M.E.; DANYSH, H.E.; LUBEGA, J.; LANGLOIS, P.H.; LUPO, P.J. Residential Radon Exposure and Incidence of Childhood Lymphoma in Texas, 1995–2011. Int. J. Environ. Res. Public Health, 2015.

PETTA, R.A.; CAMPOS, T.F.C. O gás radônio e suas implicações para a saúde pública. **Revista de Geologia**, Vol. 26 (2), 2013.

PETERSON, E.; AKER, A.; KIM, J.; LI, Y.; BRAND, K.; COPES, R. Lung cancer risk from radon in Ontario, Canada: how many lung cancers can we prevent? Cancer Causes Control (2013) 24:2013–2020

SCHÜZ, J. et al. European Code Against Cancer 4th Edition: 12 ways to reduce your câncer risk**. Cancer Epidemiol**. 39 (Suppl. 1):S1–10, Working Groups of Scientific Experts, 2015.

SCHWARTZ, G.G.; MARILYN G KLUG, M.G. Incidence rates of chronic lymphocytic leukemia in US states are associated with residential radon levels. **Future Oncol.** (2016) 12(2), 165–174

UNSCEAR, Report, Sources and Effects of Ionizing Radiation, Vol. I, 2008. Disponível em: http://www.unscear.org/unscear/publications.html. Acesso em:01/02/2018.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2007). Communicating Radiation Risks. USEPA Publication 402-F-07-008, USEPA Office of Radiation and Indoor Air.

UNEP, United Nations Environment Programme. Radiação: efeitos e fontes, Programa Das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2016.

VASCONCELOS, D.C. **Estudo da radioatividade natural em areias de praias do extremo sul da Bahia utilizando métodos de análises nucleares**. Universidade Federal De Minas Gerais Departamento De Engenharia Nuclear, (Tese) Belo Horizonte, 2010.

VILLAVERDE, F.L. **Avaliação da exposição externa em residência construída com fosfogesso**. USP (Dissertação), 2008.