



RADÔNIO E CÂNCER DE PULMÃO: CAUSAS E VIESES

**Laura C. Takahashi¹, Isabela N.S. Ferreira^{1,2}, Júlia, B. Severo^{1,2},
Talita O. Santos³ e Ricardo G. Passos¹**

¹Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), Av. Pres. Antônio Carlos, 6627,
Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901, Brasil

²Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET),
Av. Amazonas, 5253, Nova Suíça, Belo Horizonte – MG, 30421-169, Brasil

³Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Av. Alfredo Balena, 190, Centro, 30130-100, Belo
Horizonte – MG, Brasil.

laura.takahashi@cdtn.br

Palavras-Chave: Radônio, câncer de pulmão, vieses

RESUMO

A origem do câncer dá-se predominantemente por fatores hereditários/genéticos ou induzidos. Ao desenvolver o câncer, o fator causador pode ser sugerido, mas sem forma de ter certeza. No cenário da radioatividade natural, o maior responsável pela dose anual dos indivíduos é o gás radônio, o qual é um agente cancerígeno reconhecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como o segundo maior causador de câncer de pulmão. Estudos das últimas décadas reportaram uma diminuição do número de pessoas fumantes e o aumento do número de casos de câncer de pulmão, de forma que uma das possíveis explicações é de que o agente causador de boa parte dos casos excedentes seria o radônio, hipótese também fortalecida pela tendência constatada do aumento do tempo que a população passa em ambientes internos/fechados. Com o intuito de contribuir com estudos epidemiológicos sobre o radônio é importante levantar possíveis vieses dos agentes causadores do câncer de pulmão. Assim, este estudo levantou alguns fatores que podem ser caracterizados como variáveis de confusão a respeito da influência ou não do radônio em estudos epidemiológicos, ou a respeito da magnitude da influência. A metodologia baseou-se em estudos observacionais, revisão bibliográfica e aplicação de questionário. Até o momento, 11,96% dos ambientes internos estudados na “Campanha de Monitoração de Radônio em Ambientes Internos de Belo Horizonte” (CMRAI-BH), realizada pelo Laboratório de Radioatividade Natural do CDTN (LRN/CDTN), apresentaram concentração de radônio acima do limite de 100 Bq/m³ recomendado pela OMS. Somado a isso, os indivíduos estão expostos a outros fatores de influência, os quais foram levantados a partir da aplicação de questionários (CAAE: 6744122.8.0000.8787). Há consenso na literatura de que o principal agente causador de câncer de pulmão permanece sendo o consumo de cigarro. Ademais, houve um aumento do cigarro eletrônico, principalmente na população mais jovem. Outro fator é o aumento da poluição: dados do questionário, respondido por aproximadamente duzentos habitantes de Belo Horizonte, reforçam um tempo de exposição significativo para indivíduos que trabalham em uma cidade urbanizada. No cenário da radiação ionizante por fontes artificiais, 20% da exposição é devido aos exames de diagnóstico por imagem, principalmente da radiografia e da tomografia computadorizada, com dose efetiva de 0,01-0,15 e 1,5 mSv, respectivamente. Ressalta-se que, durante a época da pandemia da Covid-19, houve um aumento dos exames realizados, levando assim à maior exposição dos indivíduos. Em suma, os principais fatores que possam causar vieses da influência do radônio nos casos de câncer de pulmão são: aumento do consumo de cigarros eletrônicos, aumento do tempo de exposição à poluição, e aumento dos exames de diagnóstico por imagem de tórax.



1. INTRODUÇÃO

Câncer é o maior problema de saúde pública do mundo. De modo geral ele é definido pelo crescimento desordenado de células que podem adentrar tecidos ou outros órgãos. O tipo de câncer mais comum no sexo masculino é o de próstata e no sexo feminino é o de mama, e em segundo lugar em ambos os sexos está o câncer de pulmão e bronquíolos, sendo este o tipo de câncer com a maior taxa de mortalidade [1].

Brey (2020) e por Paschoal (2023), destacam alguns agentes cancerígenos, não radioativos, do câncer de pulmão, os quais são: amianto, arsênico, níquel, cromo, quartzo, éter clorometil, agentes do grupo 1/IARC, poeira de carvão, óleos minerais, hidrocarbonetos, escape de motor diesel, sílica, gás mostarda, carbono elementar, carbono de silício, tabaco, solventes, tintas, solda fuligem, talco dentre outros. Paschoal (2023) destaca ainda a relação da exposição ocupacional a minerais radioativos (como urânio), exposição ambiental a radionuclídeos (como o radônio), e a exposição à exames de diagnóstico por imagem que utilizam radiação ionizante [2, 3].

De acordo com o Instituto Nacional de Câncer (2019), o câncer de pulmão tem um aumento de 2% por ano, sendo que 90% dos casos está associado ao consumo de tabaco. Estima-se que o tabaco é responsável por 79% e 47% dos casos de câncer de pulmão em homens e mulheres, respectivamente, sendo assim considerado o principal carcinógeno desse tipo de câncer [4, 5]. Todavia, estudos apontam que de 20% a 25% dos casos da doença se manifestam em pessoas que nunca consumiram tabaco, mostrando a importância de estudar outros fatores de risco do câncer de pulmão que não seja o tabaco [4].

Nesse cenário, a Organização Mundial da Saúde aponta que o radônio em ambientes internos é responsável por 3-15% dos casos de câncer de pulmão [5]. As estimativas da Environmental Protection Agency (EPA) apontam que, ao longo da vida, o risco de morte por câncer de pulmão induzido por radônio é de 7 por 1000 para pessoas que nunca fumaram e de 62 por 1000 para os que já fumaram, quando exposto a níveis de radônio de 37 Bq/m^3 , indicando assim um efeito sinérgico entre essas duas variáveis [6]. Outro estudo demonstra que à medida que a concentração de radônio aumenta, aumenta-se o risco de desenvolver câncer de pulmão para fumantes expostos a mais de 200 Bq/m^3 , atingindo um *odds ratio* de 29,3 (IC 95%: 15,4–55,7); ou seja, o risco aumenta acentuadamente com o consumo de tabaco [4].

Visando contribuir com futuros estudos epidemiológicos sobre o radônio, o presente trabalho levantou alguns fatores que podem ser caracterizados como variáveis de confusão a respeito da influência ou não do radônio na incidência e prevalência do câncer de pulmão.

2. METODOLOGIA

2.1. Estudos observacionais

Para a realização desses estudos foi levado em consideração hábitos da população que poderiam influenciar no desenvolvimento do câncer de pulmão. Posterior à seleção dos possíveis aspectos que poderiam influenciar, foi realizado um estudo para a verificação da procedência dessas observações. Para isso utilizou-se bancos de dados secundários para o levantamento quantitativo e verificação da representatividade dos mesmos. As bases de dados utilizadas foram: discussões levantadas pelo Laboratório de Radioatividade Natural (LRN) do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) nos últimos 15 anos; dados da Organização Mundial de Saúde



(OMS) sobre saúde, câncer, tabagismo e Covid-19; e estimativas de órgãos de pesquisa sobre saúde pública.

2.2. Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica foi realizada a partir dos pontos levantados nos estudos observacionais, a fim de sustentar os vieses destacados estudos e apresentar novas discussões. Para isso utilizou-se artigos científicos publicados, preferencialmente nos últimos cinco anos. As palavras chaves utilizadas na busca foram: radônio, câncer de pulmão, estudos epidemiológicos, tabagismo, poluição atmosférica, particulado da poluição atmosférica, exames de diagnóstico por imagem do tórax e Covid-19.

2.3. Aplicação de questionário

Os indivíduos estão expostos a outros fatores de influência do câncer de pulmão, a qual foram estudados a partir de um questionário intitulado ‘Avaliação de fatores socioambientais que influenciam na saúde’ (CAAE: 6744122.8.0000.8787). O questionário foi realizado como parte da Campanha de Monitoração de Radônio do LRN/ CDTN. Nessa campanha foi realizado um estudo radiométrico do radônio e radiação gama presentes em ambientes internos da cidade de Belo Horizonte/MG [7]. A fim de complementar o estudo radiométrico, foi reconhecido a necessidade de coletar dados particulares de cada residência e hábitos dos indivíduos relacionados a saúde dos mesmos.

O questionário foi dividido em duas partes. A primeira parte foi referente à construção que o indivíduo mora/trabalha e a segunda parte à sua saúde e seus hábitos, a fim de estudar o perfil comportamental dos mesmos. Os critérios para responder o questionário foram: ter idade igual ou superior a 18 anos e ter um ambiente interno disponível para pesquisa (residência ou local de trabalho) na Região Metropolitana de Belo Horizonte, preferencialmente em Belo Horizonte. A pesquisa foi desenvolvida a partir de questionário on-line, portanto, em ambiente virtual para a coleta de dados. O instrumento de pesquisa foi a plataforma *Google Forms*, com tempo médio estimado de preenchimento entre 5 e 10 minutos. Dentre as quarenta e oito perguntas do questionário, foram selecionadas onze para serem discutidas no presente trabalho. Elas foram escolhidas com base em seu enquadramento com os possíveis vieses de influência no desenvolvimento do câncer de pulmão a partir de fatores não relacionados ao radônio.

3. RESULTADOS

A revisão da literatura e os estudos observacionais apontaram as causas de câncer de pulmão apresentadas na Fig 1. Cada causa será abordada separadamente a seguir, sendo fundamentada nos dados da literatura e complementada com os dados adquiridos nos questionários aplicados.

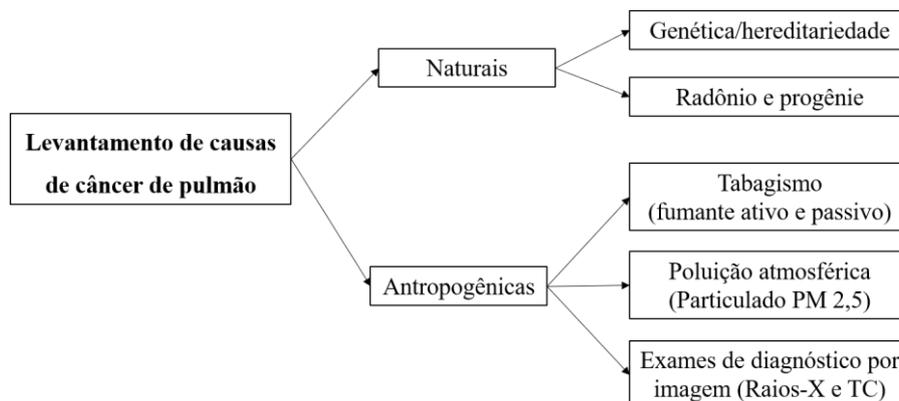


Fig. 1. Causas de câncer de pulmão que podem sofrer vieses da influência do radônio.

3.1. Genética e hábitos

O câncer, de maneira geral, é uma doença multifatorial que atinge indivíduos de diversas idades. De acordo com a OMS, a combinação da exposição ambiental e dos fatores genéticos pode contribuir para o aumento do câncer na população. No entanto, alguns fatores podem ajudar a prevenir o surgimento de câncer, assim como o excesso desses fatores pode contribuir para o desenvolvimento do mesmo, os quais são: não fumar, evitar o fumo passivo, peso e alimentação saudável, atividade física, proteger da exposição solar, evitar o acúmulo de fumaça e a alta poluição do ar, exposição laboral, infecção por vírus e bactérias entre outros [8]. Brey e colaboradores (2020), afirmam que a sucessibilidade genética e comorbidades contribuem para o desenvolvimento do câncer. Visto que a carcinogênese é um processo complexo, pois envolve fatores de risco hereditários e ambientais. Dentre esses destaca-se a alimentação, hábito de fumar e a exposição à agentes químicos e radioativos presentes no ambiente [2].

Os dados coletados no questionário aplicado no presente trabalho indicam que 58,4% dos participantes alegaram que possuem histórico familiar de câncer e 37,4% não possuem. Dentre os tipos de câncer destaca-se os de mama, próstata, pulmão, pele, intestino dentre outros. Ademais a pesquisa também indicou que 45% realiza atividades físicas há mais de dois anos, 25,1% não ingere bebida alcoólica e apenas 2,6% dos entrevistados consideram sua alimentação péssima ou ruim. Desta forma, o perfil dos entrevistados apontou ser de indivíduos conscientes com escolhas que favorecem sua saúde.

3.2. Radônio e progênie

O radônio é um gás natural, incolor, inodoro e insípido. Na natureza ele está presente na forma de três radioisótopos: ^{219}Rn , ^{220}Rn e ^{222}Rn , sendo os mesmos produtos de decaimento da série do ^{235}U , ^{232}Th e ^{238}U , respectivamente. Devido ao seu tempo de meia vida considerado longo (3,83 dias), o ^{222}Rn é o principal responsável pela exposição anual à radiação natural do indivíduo [5]. Por difusão molecular ou por convecção, o radônio presente na crosta terrestre irá migrar para o ar do ambiente através dos poros e interstícios dos solos e das rochas. Sendo assim, em ambientes fechados, a concentração de atividade do radônio pode atingir níveis significantes do ponto de vista da proteção radiológica. Em ambientes abertos, normalmente a concentração é baixa, pois o radônio fica diluído na atmosfera e é dispersado pelo vento [5, 6, 9].

Ao decair, o radônio gera uma sequência de radionuclídeos, denominada progênie do radônio, a qual é composta pelos isótopos do chumbo, bismuto e polônio. A maior parte do radônio inalado



pelos seres humanos não interage com o organismo e é exalado naturalmente do corpo humano. Todavia, a energia proveniente do decaimento da progênie do radônio nas vias aéreas interage com as células do parênquima pulmonar [10].

O estudo de caso-controle do risco de câncer de pulmão e a exposição ao radônio em residências, realizado por Gonzales e colaboradores (2020), afirma um risco potencial de desenvolver câncer de pulmão a partir de uma concentração de radônio de 50 Bq/m^3 [4]. As conclusões dos autores perante os resultados encontrados reportam que não existe exposição segura de radônio, questionando assim os limites impostos pelas seguintes instituições: União Europeia (300 Bq/m^3), U.S. Environmental Protection Agency (148 Bq/m^3) e OMS (300 Bq/m^3) [5, 6, 9]. Os autores concordam com o limite proposto pela OMS, de 100 Bq/m^3 . A OMS sugere que a concentração de radônio, em um ambiente interno, deve ser até 100 Bq/m^3 e que não ultrapasse 300 Bq/m^3 , acima desse valor já é necessário medidas de mitigação para reduzir a concentração no local [5].

Os resultados preliminares da CMRAI-BH indicam que 15,6% e 2,9% das residências estudadas no período seco apresentaram concentração de radônio superior a 100 Bq/m^3 e 300 Bq/m^3 , respectivamente. Ademais, no período chuvoso os valores foram 6,7% e 1,2% para as concentrações de 100 Bq/m^3 e 300 Bq/m^3 , respectivamente.

3.3. Tabagismo

O tabagismo é uma doença crônica associada à dependência de nicotina que desencadeia problemas na saúde do indivíduo, como lesões pulmonares, sendo considerado assim um problema de saúde pública. O ato de fumar cigarro é um fator de risco para diversos tipos de câncer como o de pulmão, garganta, boca, mama, colorretal, colo do útero, próstata entre outros. A iniciação ao tabagismo geralmente ocorre durante a adolescência, entre 13 e 17 anos. A revisão realizada por Silva & Miranda (2023) aponta fatores de risco que podem influenciar no tabagismo durante a adolescência, os quais são: ambiente social, acessibilidade ao cigarro, propaganda/mídia, ansiedade e estresse, baixa autoestima, curiosidade e rebeldia [11]. O grande problema da iniciação precoce ao cigarro é a dependência química que o mesmo provoca, já que a nicotina traz a sensação de relaxamento e bem-estar. O tabaco é a principal causa de morte evitável no mundo, por isso campanhas de conscientização e pesquisas que visam entender a origem da motivação do tabagismo são importantes.

De acordo com a OMS, a epidemia do tabaco leva mais de 8 milhões de pessoas à óbito todos os anos, sendo 1,3 milhões fumantes passivos. Estima-se que em 2022, 22,3% da população mundial consumia tabaco, dentre esses 36,7% eram do sexo masculino e 7,8% do sexo feminino. A OMS alega que não existe um nível seguro de consumo de tabaco para fumantes ativos e passivos. A tendência global de prevalência do tabaco em pessoas acima de quinze anos ao longo dos anos demonstra que nos anos 2000 a prevalência era de 49,3%, 16,2% e 32,7% para o sexo masculino, feminino e ambos, respectivamente. Já a previsão para o ano de 2025 é que haja uma redução dessas porcentagens, atingindo os valores de 34,3%, 6,6% e 20,4% respectivamente [12,13]. O Instituto Nacional de Câncer (INCA), reportou uma redução de fumantes maiores de 18 anos no Brasil, com uma queda de 64% de 1989 a 2019. Parte dessa redução deve-se ao aumento da conscientização e fiscalização [14].

Nos últimos anos surgiu os Dispositivos Eletrônicos para fumar (DEF), chamados popularmente de cigarro eletrônico ou e-cigarro. Esses dispositivos aerossolizam e-líquidos que podem ou não conter nicotina. Mesmo não contendo nicotina, esses dispositivos contêm substâncias como o



formaldeído, acetaldeído, acroleína e acetona, que são citotóxicas e cancerígenas [14, 15]. Os DEFs são uma nova tendência para a prática de fumar e apresentam uma boa aceitação social devido a aparência contemporânea e design diversos, além de possuir diversos sabores e odores agradáveis [15]. Barufaldi e colaboradores (2020) reforçam que o risco de usuários de DEFs iniciarem no tabagismo é maior do que em pessoas não usuárias. Além disso, a liberação do comércio desses dispositivos pode indicar uma ameaça para a saúde pública brasileira [16]. Silva e colaboradores (2022) também demonstram a preocupação com a liberação do DEFs, principalmente relacionado a especificação dos produtos que contém em cada dispositivo, visto sua variedade, e constante fiscalização [15].

Os resultados obtidos pela aplicação dos questionários no presente trabalho reportam que 11,11% dos entrevistados alegaram que fazem o uso do tabaco e 9,52% moram com alguma pessoa que é usuária.

3.4. Particulado da poluição atmosférica

A poluição do ar está associada a alguns danos e alterações genéticas. Estudos recentes indicam a correlação entre o particulado proveniente da poluição atmosférica e o desenvolvimento de neoplasias como o câncer no sistema respiratório e na bexiga, além de outras doenças. Isso ocorre, pois, substâncias carcinogênicas provenientes da poluição são alocadas nas vias aéreas. Sabe-se que a exposição crônica à poluição presente no ar pode aumentar de 20 a 30% o risco de câncer de pulmão [17, 12].

Dados do questionário, respondido por aproximadamente duzentos habitantes de Belo Horizonte, reportam o meio de transporte que utiliza para ir ao trabalho, sendo: carro (65%), ônibus (58%), a pé (12,6%), moto (4,4%), bicicleta (4,7%) e metrô (3,8%). O tempo de locomoção e a possível exposição aos particulados presentes na poluição diária do trânsito foram: menos que 15 minutos (3,14%), entre 15 e 30 min (37,70%), entre 30 min e 1 hora (26,18%), entre 1 hora e 1 hora e meia (13,61%), duas horas (4,71%) e mais que 3 horas (2,09%). Ainda, 7,85% dos entrevistados não responderam ao questionário e 4,71% alegaram trabalhar de home office. Esses resultados reforçam um tempo de exposição significativo para indivíduos que trabalham em uma cidade urbanizada. Além disso, a poluição do ar contribui para o agravamento de outras doenças respiratórias. No que diz respeito as essas doenças, 16,93% dos entrevistados informaram que pelo menos uma pessoa de sua residência possui alguma doença relacionada, destacando asma, bronquite, sinusite e rinite.

3.5. Exames de diagnóstico por imagem

Uma das aplicações da radiação ionizante com fontes de radiação artificial é nos exames de diagnóstico por imagem, que são utilizados para diagnóstico e/ou tratamento de diversas patologias. As vantagens dessas técnicas variam de acordo com cada modalidade, todavia, de forma geral, as vantagens podem ser atribuídas pelo fato de serem técnicas, em sua maioria, pouco invasivas, de rápido diagnóstico, aplicável para pacientes de diversas faixas etárias e condições clínicas [18]. No entanto, as radiações ionizantes podem causar efeitos biológicos, como os desenvolvimentos de neoplasias, como é o caso do câncer de pulmão e bronquíolos. Para amenizar esses efeitos, utiliza-se os princípios de radioproteção, visando expor o paciente a doses de radiação mais baixas possíveis e somente quando o exame realmente for necessário [19]. Estima-se que, anualmente, a dose de radiação proveniente de exames de diagnóstico por imagem é de 1 mSv, o que corresponde a 98,8% da dose proveniente da radiação artificial que o indivíduo é



exposto anualmente e 29,3% da dose total (considerando a radiação natural) [20]. A radiografia do tórax expõe o paciente a uma dose considerada baixa, equivalente a 0,02-0,1 mSv. Em compensação, exames de tomografia computadorizada (TC) são altas. Uma TC de tórax, por exemplo, possui média de dose efetiva de, aproximadamente, 6,1 mSv [21]. Uma TC de abdômen aumenta 0,18% o risco de uma criança de 1 ano desenvolver câncer no futuro (esse risco diminui com a idade do paciente). Desta forma, quanto mais cedo a pessoa é exposta a radiação, no caso de exames de imagem, maior é o risco. Por isso é importante analisar a real necessidade de realizar o exame e otimizar a dose [21].

Durante a pandemia da Covid-19, os exames de TC e radiografias convencionais foram aliados do diagnóstico e estadiamento da doença. Embora os exames de imagem não sejam considerados um método de rastreamento da Covid, eles auxiliavam o diagnóstico por possuir alta sensibilidade na detecção das lesões iniciais (no caso da TC) sugestivas de infecção pelo SARS-CoV-2 [22]. O protocolo sugerido pelo Colégio Brasileiro de Radiologia (CBR) recomendava que o exame realizado fosse de Tomografia Computadorizada de Alta Resolução (TCAR) com protocolo de baixa dose.

Dos entrevistados, 78,3% foram diagnosticados com Covid-19 e 68,7% afirmaram que realizaram algum exame de diagnóstico por imagem que envolvem radiação ionizante. Ademais, danos a longo prazo da Covid-19 ainda são desconhecidos. Ressalta-se que a Covid-19 alimentou a cultura do trabalho em *home office*, e sugere uma tendência do mercado em optar por essa modalidade. O aumento do tempo em residências e escritórios aumenta o tempo de exposição ao radônio. Também é constatado que a pandemia da Covid-19 atrasou o diagnóstico e tratamento do câncer, levando a um aumento da doença em estágio avançado e conseqüentemente ao aumento da mortalidade [1]. Ainda é recente para conclusões de estudos sobre o aumento do câncer de pulmão e demais cânceres devido a exposição aos exames de imagem durante a pandemia, todavia é um fator a ser considerado no futuro, tanto pela exposição, quanto pelo diagnóstico tardio que aumenta o número de óbitos.

4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do câncer de pulmão é multifatorial com alguns fatores cancerígenos que apresentam maiores riscos. Apesar da causa poder ter origem diversa, é importante estudá-las individualmente para estabelecer as melhores condutas de prevenção do câncer de pulmão. Nesse cenário, os estudos epidemiológicos destacam a influência de cada fator ao longo do tempo e analisam o perfil de cada população, estimando as tendências relacionadas a saúde pública. Sendo assim, o presente trabalho destacou algumas causas de câncer de pulmão que se tornam vieses da influência do radônio em um contexto atual. Destacando os seguintes fatores: genética, hábitos de vida, tabagismo e poluição atmosférica. Esses são fatores ascendentes que podem se tornar variáveis de confusão ao alegar o aumento de casos de câncer de pulmão devido ao radônio. Apesar desses fatores serem vieses de estudos epidemiológicos, a correlação entre câncer de pulmão e radônio é sustentada pela OMS, IARC, UNSCEAR, EPA, ICRP, entre outros órgãos de pesquisa em nível global.

AGRADECIMENTOS

A todos os voluntários da pesquisa e a FAPEMIG pelo apoio financeiro.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R.L. Siegel. *et al.*, Cancer Statistics 2023. *CA Cancer J Clin.* Vol 73, pp. 17-48 (2023).
- [2] C. Brey. *et al.*, Câncer de pulmão relacionado à exposição ocupacional: revisão integrativa. *Revista Gaúcha de Enfermagem.* Vol 41, pp. 1-16, (2020)
- [3] M. E.M. Paschoal, Epidemiologia do câncer de pulmão. *Pulmão RJ*, Vol 31, pp 6-10 (2023).
- [4] M.L. Gonzales, *et al.* Lung cancer risk and residential radon exposure: A pooling of case-control studies in northwestern Spain. *Environmental Research*, Vol. 189 (2020).
- [5] WHO – World Health Organization. Who Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. *WHO Library: Cataloguing-in-Publication Data* (2009).
- [6] EPA – United States Environmental Protection Agency. Consumer’s Guide to Radon Reduction – How to Fix Your Home, 2016.
- [7] L.C. Takahashi, *et al.*, Radiometric study in indoor environments: radon and gamma monitoring. Book of abstracts: 4th International Conference on Dosimetry and its Applications, Vol. 1, pp. 244 (2023)
- [8] WHO – World Health Organization. Código Latino-Americano e Caribenho contra o Câncer. *Centro Internacional de Investigações sobre o Câncer e Organização Pan-Americana da Saúde* (2023).
- [9] UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR, 2006, Report to the General Assembly. Vol. II, Scientific Annexes C, D and E, 2006.
- [10] HOFMANN, H. *et al.* Characteristics and behavior of radon and radon progeny. *JICRU*, Vol. 12, pp. 55-70 (2012).
- [11] S.S. Silva.; A.M. Miranda. Prevalência do tabagismo na adolescência: uma revisão integrativa de literatura. *Arq. ciências saúde UNIPAR*, pp. 1764-1779, (2023)
- [12] Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA). Poluição do ar, câncer e outras doenças: o que você precisa saber? INCA. (2021).
- [13] WHO – World Health Organization. WHO global report on trends in prevalence of tobacco use 2000–2025. *World Health Organization* (2021).
- [14] INCA – Instituto Nacional de Câncer. Prevalência do Tabagismo. Disponível em <https://www.gov.br/inca> acessado 20/08/2024
- [15] I. M.C. Silva. *et al.*, Eletronic Nicotine and Non-Nicotine Systems: allied or harmful to smoking? *Revista Concilium*, Vol 22, pp. 757-768 (2022).
- [16] L.A. Barufaldi. *et al.*, Risco de iniciação ao tabagismo com o uso de cigarros eletrônicos: revisão sistemática e meta-análise. *Ciência & Saúde Coletiva*, Vol 26, pp. 6089-6103 (2021).
- [17] D.P. Frias. Estudo da expressão de oncogenes em co-cultura de células BEAS-2B e macrófago tipo 1 ou tipo 2 expostas à antracose e ao material particulado da poluição atmosférica (PM_{2,5}). Tese da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2023.
- [18] M. Mamede. Tecnologia Radiologia. MEDBOOK, 2019.
- [19] CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. Norma NN.CNEN 3.01: Requisitos básico de radioproteção e segurança radiológica de fontes de radiação, 2024.
- [20] IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Radioatividade no meio ambiente e avaliação de impacto radiológico ambiental, 2011.
- [21] Manual MSD. Riscos da exposição à radiação para fazer exames. Disponível em: msdmanuals.com, acessado em 20/08/2023.
- [22] A. Estevão. *et al.* COVID-19. *Acta Radiológica Portuguesa.* Vol. 32, pp.5-6. (2020).