



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS MÉDICAS

CURSO DE MEDICINA

THOMAS KEVIN CANTALICE NÓBREGA

**Avaliação da associação entre a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020: um estudo ecológico**

João Pessoa

2022

THOMAS KEVIN CANTALICE NÓBREGA

**Avaliação da associação entre a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020: um estudo ecológico**

**Versão original**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Médicas da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Médico.

Orientador: Prof. Dr. André Telis de Vilela Araújo

João Pessoa

2022

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

N754a Nóbrega, Thomas Kevin Cantalice.

Avaliação da associação entre a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020: um estudo ecológico / Thomas Kevin Cantalice Nóbrega. - João Pessoa, 2022.

75f. : il.

Orientação: André Telis de Vilela Araújo.  
TCC (Graduação) - UFPB/CCM.

1. Urânio. 2. Câncer de pulmão. 3. Brasil. I.  
Araújo, André Telis de Vilela. II. Título.

UFPB/CCM

CDU 616.24(043.2)

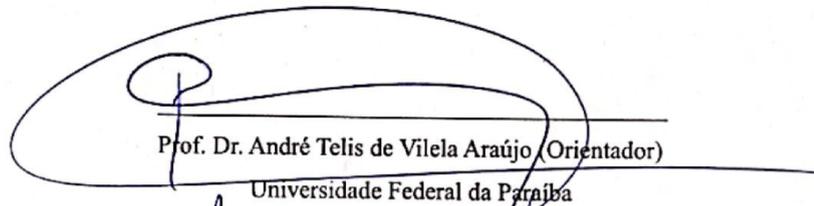
Nome: NÓBREGA, Thomas Kevin Cantalice

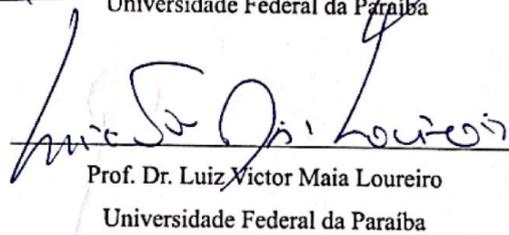
Título: Avaliação da associação entre a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020: um estudo ecológico

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Médicas da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título Médico.

Aprovado em: 07/12/2022

Banca Examinadora

  
Prof. Dr. André Telis de Vilela Araújo (Orientador)  
Universidade Federal da Paraíba

  
Prof. Dr. Luiz Victor Maia Loureiro  
Universidade Federal da Paraíba

CRISTIANNE DA SILVA  
ALEXANDRE:201329444

Assinado de forma digital por  
CRISTIANNE DA SILVA  
ALEXANDRE:201329444  
Dados: 2022.12.07 18:19:08 -03'00'

Prof. Dra. Cristianne da Silva Alexandre  
Universidade Federal do Cariri

À todos aqueles que sofreram, suportam e conviverão com esta doença tão intimidadora para muitos.

“ [...] É morrendo que se vive para a vida eterna [...]” (ORAÇÃO..., 1912).

## RESUMO

**Introdução:** A mortalidade por neoplasias, normalmente, é a segunda maior causa de óbitos no Brasil, com o câncer de pulmão liderando esses números. Para esta patologia, o radônio é o principal fator de risco entre os não fumantes. Este é um gás radioativo natural, responsável por mais de 50% da radiação ionizante de origem ambiental recebida pelo ser humano, ubíquo na atmosfera e derivado do decaimento radioativo do urânio-238, para o qual é estimado que o Brasil seja o sétimo maior detentor mundialmente. **Objetivos:** Primariamente, avaliar se há associação entre a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020. E, secundariamente, apreciar a correlação entre os tipos de exposição ao tabaco (tabagismo, ex-tabagismo e tabagismo passivo) e os óbitos por neoplasia pulmonar nos estados brasileiros no ano de 2019 e no período de 2010-2020, respectivamente, com o intuito de utilizá-la como um comparativo. **Metodologia:** Este é um estudo ecológico fundamentado em dados secundários de cidades brasileiras e unidades da federação em relação a favorabilidade de urânio, mortalidade por câncer de pulmão e tipos de exposição ao tabagismo. Nesse contexto, essas variáveis foram analisadas, sobretudo, por meio dos testes de Kruskal-Wallis, Jonckheere-Terpstra e coeficiente de correlação de Spearman, haja vista os propósitos do trabalho e os pressupostos necessários para testes paramétricos. **Resultados:** Foram contabilizados 5.582 municípios e 27 estados (incluindo o distrito federal). Por conseguinte, o teste de Kruskal-Wallis determinou que a favorabilidade de urânio, de acordo com sua classificação e de forma estatisticamente significativa, esteve associada a diferentes óbitos por neoplasia pulmonar nos municípios brasileiros no período de 2010-2020,  $H(7) = 280,960$ ,  $p = 0,000$ . Bem como, o teste de Jonckheere-Terpstra assegurou uma ordem de magnitude descendente nas mediana das classificações da favorabilidade de urânio de modo estatisticamente significativo,  $J = 3.240.319,000$ ,  $z = -15,303$ ,  $p = 0,000$ . Como também, o coeficiente de correlação de Spearman afirmou que a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão nas cidades brasileiras no período de 2010-2020 covariam de maneira inversamente proporcional e estatisticamente significativa; e calculou um tamanho de efeito entre pequeno e médio,  $r_s = -0,203$ ,  $p < 0,001$ . Além disso, o coeficiente de correlação de Spearman também declarou que o tabagismo e os óbitos por neoplasia pulmonar nas unidades da federação no ano de 2019 e no período de 2010-2020, nesta ordem, covariam de forma diretamente proporcional e estatisticamente significativa; e estimou uma dimensão de efeito grande,  $r_s = 0,665$ ,  $p < 0,001$ . Ademais, os testes para ex-tabagismo e tabagismo passivo não atingiram significância estatística. **Conclusão:** A favorabilidade de urânio, de acordo com sua classificação e de modo estatisticamente significativo, esteve associada a diferentes mortalidades por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020, em concordância com uma ordem de magnitude descendente, covariando de maneira inversamente proporcional e com uma grandeza de efeito entre pequena e média, aproximadamente um terço do estimado para o tabagismo.

Palavras-chave: Urânio. Câncer de pulmão. Brasil.

## ABSTRACT

**Introduction:** Mortality due to neoplasms is usually the second leading cause of death in Brazil, being lung cancer the leading cause. For this pathology, radon is the main risk factor among non-smokers. This is a natural radioactive gas, responsible for more than 50% of the environmental ionizing radiation received by humans, ubiquitous in the atmosphere and derived from the radioactive decay of uranium-238, for which Brazil estimates to be the seventh largest holder worldwide. **Aims:** Primarily, to assess whether there is an association between uranium favorability and lung cancer mortality in Brazilian municipalities between 2010-2020. Secondly, to appreciate the correlation between the types of tobacco exposure (smoking, former smoking, and passive smoking) and deaths from lung neoplasm in Brazilian states in the year 2019 and the period of 2010-2020, respectively, to employ it as a comparative. **Methodology:** This is an ecological study grounded in secondary data from Brazilian cities and federation units regarding uranium favorability, lung cancer mortality and types of smoking exposure. In this context, these variables were analyzed primarily employing the Kruskal-Wallis, Jonckheere-Terpstra, and Spearman correlation coefficient tests, given the purposes of the study and the assumptions required for parametric tests. **Results:** There were 5,582 municipalities and 27 states (including the federal district). Therefore, the Kruskal-Wallis test determined that uranium favorability, according to its classification and in a statistically significant way, was associated with other deaths from lung neoplasia in Brazilian municipalities in the period 2010-2020,  $H(7) = 280.960, p = 0.000$ . As well as, the Jonckheere-Terpstra test ensured a descending order of magnitude in the median rankings of uranium favorability in a statistically significant manner,  $J = 3,240,319.000, z = -15.303, p = 0.000$ . As also, Spearman's correlation coefficient stated that uranium favorability and lung cancer mortality in Brazilian cities in the period 2010-2020 covary in an inversely proportional and statistically significant means; and calculated an effect size between small and medium,  $r_s = -0.203, p < 0.001$ . Furthermore, Spearman's correlation coefficient also stated that smoking and deaths from lung neoplasm in the units of the federation in the year 2019 and the period 2010-2020, in that order, covaried in a directly proportional and statistically significant way; and projects an effect size large,  $r_s = 0.665, p < 0.001$ . Additionally, the tests for ex-smoking and passive smoking did not achieve statistical significance. **Conclusion:** Uranium favorability, according to its classification and in a statistically significant manner, was associated with different lung cancer mortalities in Brazilian municipalities in the period 2010-2020, in agreement with a descending order of magnitude, covarying inversely proportionally and with an effect size between small and medium, approximately one-third of that estimated for smoking.

Keywords: Uranium. Lung cancer. Brazil.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Mortalidade geral no Brasil entre os anos de 2010-2020	15
Gráfico 2 - Mortalidade pelas cinco principais causas no Brasil entre os anos de 2010-2020	16
Gráfico 3 - Porcentagem estimada da mortalidade por neoplasias no Brasil em 2019 atribuíveis aos fatores de risco	18
Gráfico 4 - Estimativa da incidência e da mortalidade pelas dez principais neoplasias no Brasil em 2020, com exceção do câncer de pele não melanoma	19
Gráfico 5 - Porcentagem estimada da mortalidade por câncer de pulmão no Brasil em 2019 atribuíveis aos principais fatores de risco	20
Gráfico 6 - Diagrama de Pareto para os municípios brasileiros de acordo com a classificação da favorabilidade de urânio	34
Gráfico 7 - Diagrama Q-Q para a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros agrupados no período de 2010-2020	35
Gráfico 8 - Gráfico de boxplot com característica de violino para a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros agrupados no período de 2010-2020	37
Gráfico 9 - Diagramas Q-Q para a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros de acordo com a favorabilidade de urânio no período de 2010-2020	39
Gráfico 10 - Gráficos de boxplot com característica de violino para a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros de acordo com a favorabilidade de urânio no período de 2010-2020	41
Gráfico 11 - Diagrama de comparações em pares para as classificações da favorabilidade de urânio de acordo com o teste de Kruskal-Wallis	43
Gráfico 12 - Diagrama de dispersão entre a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020	51
Gráfico 13 - Diagrama Q-Q para a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no período de 2010-2020	53
Gráfico 14 - Diagrama Q-Q para o tabagismo nos estados brasileiros em 2019	54
Gráfico 15 - Diagrama Q-Q para o ex-tabagismo nos estados brasileiros em 2019	55
Gráfico 16 - Diagrama Q-Q para o tabagismo passivo nos estados brasileiros em 2019	56
Gráfico 17 - Gráfico de boxplot com característica de violino para a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no período de 2010-2020	58
Gráfico 18 - Gráfico de boxplot com característica de violino para o tabagismo nos estados brasileiros em 2019	59

Gráfico 19 - Gráfico de boxplot com característica de violino para o ex-tabagismo nos estados brasileiros em 2019	60
Gráfico 20 - Gráfico de boxplot com característica de violino para o tabagismo passivo nos estados brasileiros em 2019	61
Gráfico 21 - Diagrama de dispersão entre o tabagismo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e período de 2010-2020, respectivamente	63
Gráfico 22 - Diagrama de dispersão entre o ex-tabagismo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e período de 2010-2020, respectivamente	64
Gráfico 23 - Diagrama de dispersão entre o tabagismo passivo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e período de 2010-2020, respectivamente	65

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de decaimento radioativo do Urânio-238	22
Figura 2 - Emissão do radônio em ambiente interno	23
Figura 3 - Grupos para classificação da favorabilidade de urânio	26
Figura 4 - Paraíba e seus municípios no mapa de avaliação do potencial de urânio do Brasil	28
Figura 5 - Pará e seus municípios no mapa de avaliação do potencial de urânio do Brasil	29
Figura 6 - Minas Gerais e seus municípios no mapa de avaliação do potencial de urânio do Brasil	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frequência de distribuição dos municípios brasileiros de acordo com a favorabilidade de urânio em números absolutos e relativos	33
Tabela 2 - Estatística descritiva da mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros agrupados no período de 2010-2020	36
Tabela 3 - Estatística descritiva da mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros de acordo com a favorabilidade de urânio no período de 2010-2020	39
Tabela 4 - Teste de Kruskal-Wallis	42
Tabela 5 - Comparações em pares para as classificações da favorabilidade de urânio de acordo com o teste de Kruskal-Wallis	44
Tabela 6 - Comparações em subconjuntos homogêneos para as classificações da favorabilidade de urânio de acordo com o teste de Kruskal-Wallis	45
Tabela 7 - Teste de Jonckheere-Terpstra	47
Tabela 8 - Comparações em pares para as classificações da favorabilidade de urânio de acordo com o teste de Jonckheere-Terpstra	48
Tabela 9 - Coeficiente de correlação de Spearman entre a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020	52
Tabela 10 - Estatística descritiva da mortalidade por câncer de pulmão e dos tipos de exposição ao tabaco nos estados brasileiros no período de 2010-2020 e no ano de 2019, respectivamente	57
Tabela 11 - Coeficiente de correlação de Spearman entre o tabagismo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e período de 2010-2020, respectivamente	66
Tabela 12 - Coeficiente de correlação de Spearman entre o ex-tabagismo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e período de 2010-2020, respectivamente	67

Tabela 13 - Coeficiente de correlação de Spearman entre o tabagismo passivo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e período de 2010-2020, respectivamente

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bq	Becquerel
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EPA	United States Environmental Protection Agency
GCO	Global Cancer Observatory
HPV	Papiloma Vírus Humano
IBGE	Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística
IBM	International Business Machines Corporation
IC	Intervalo de confiança
INCA	Instituto Nacional de Câncer
M <sup>3</sup>	Metro cúbico
MS	Ministério da Saúde
NCCN	National Comprehensive Cancer Network
OR	Odds ratio
SARS-CoV-2	Coronavírus 2 da Síndrome Respiratória Aguda Grave
SIM	Sistema de Informações sobre Mortalidade
SPSS	Statistical Package for the Social Science
USPSTF	United States Preventive Services Task Force
WHO	World Health Organization

## LISTA DE SÍMBOLOS

US\$ Dólar americano

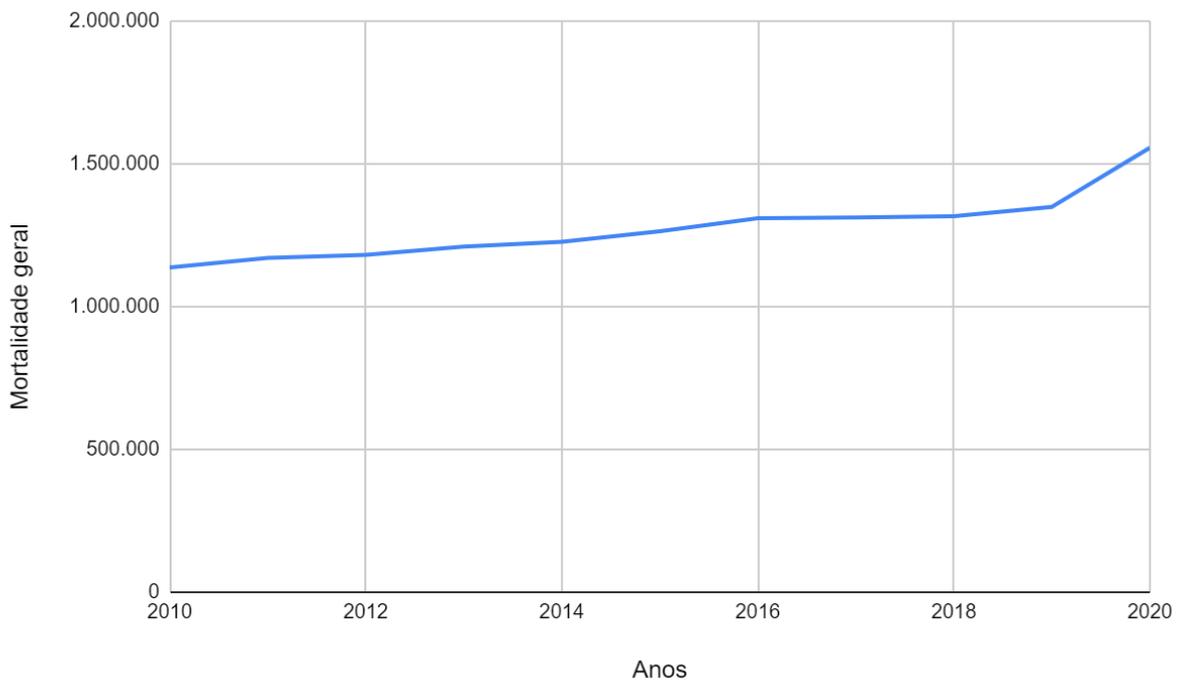
## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2. METODOLOGIA</b>	<b>25</b>
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>33</b>
<b>4. DISCUSSÃO</b>	<b>68</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>71</b>

## 1. INTRODUÇÃO

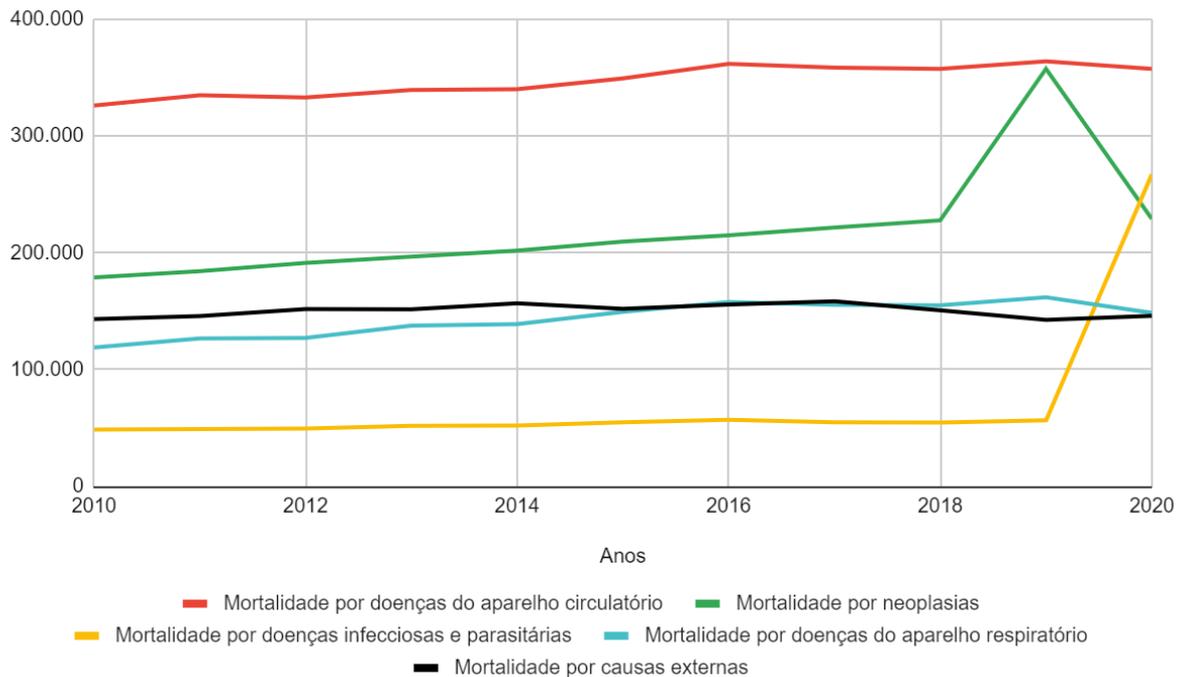
Segundo dados do Ministério da Saúde (2022b), através do seu Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), o Brasil apresentou uma mediana de mortalidade geral de 1.264.175 óbitos por ano no período de 2010-2020 (Gráfico 1). Neste intervalo, com exceção do ano de 2020 (haja vista que com a pandemia de Coronavírus 2 da Síndrome Respiratória Aguda Grave [SARS-CoV-2] os números demonstraram alteração excepcional), quando se categoriza por causas, a mortalidade por doenças do aparelho circulatório liderava, seguida da mortalidade por neoplasias, com medianas de 344.963 (27,7%) e 208.592 (16,4%) óbitos por ano respectivamente (Gráfico 2).

Gráfico 1 - Mortalidade geral no Brasil entre os anos de 2010-2020



Fonte: Ministério da Saúde (2022b).

Gráfico 2 - Mortalidade pelas cinco principais causas no Brasil entre os anos de 2010-2020



Fonte: Ministério da Saúde (2022b).

Ainda de acordo com o Ministério da Saúde (2022b), os dados mais recentes sobre essa temática datam de 2020. Neste ano, o país exibiu uma mortalidade geral de 1.556.824 óbitos. Sendo assim, seguindo uma divisão por grupo etiológico, a mortalidade por doenças do aparelho circulatório continuava regendo os números, com o equivalente à 357.741 (23%) óbitos; em segundo lugar, emergiu a mortalidade por doenças infecciosas e parasitárias com 267.287 (17,2%) óbitos; e, em terceiro lugar, encontrou-se a mortalidade por neoplasias com 229.300 (14,7%) óbitos.

Nesse contexto, muitas dessas patologias, se não todas, são passíveis de intervenções preventivas em todos os níveis, principalmente, primária e secundária (UNITED STATES PREVENTIVE SERVICES TASK FORCE [USPSTF], 2022), auxiliando na redução da suas cargas de morbidade e de mortalidade, atenuando os anos de vida vividos com incapacidade ou perdidos por determinada doença (MURRAY *et al.*, 2020). Com isso, entre algumas, a mortalidade por neoplasias ou, em sua quase totalidade, pelos cânceres impõe ênfase.

O câncer compreende um grande grupo de doenças que podem surgir em praticamente todos os tecidos do corpo quando células anormais crescem de forma desordenada, podendo ultrapassar seus limites fisiológicos e invadir tecidos adjacentes ou à distância (WORLD HEALTH ORGANIZATION [WHO], 2022). Isso acontece devido à carcinogênese, em que um fator carcinogênico ou a própria divisão celular com escape aos mecanismos de reparo do

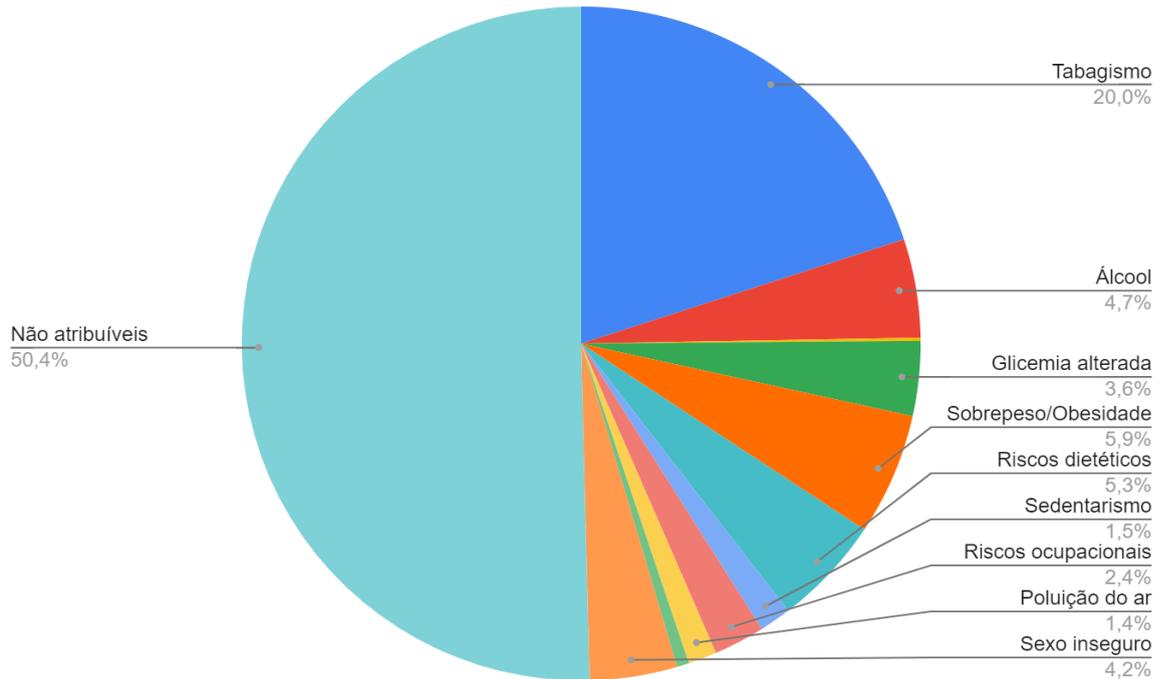
ácido desoxirribonucleico (DNA) fomentam alterações estruturais no genoma em genes especiais, os oncogenes ou genes supressores de tumor, comumente inalterados em células normais ou, até então, com modificações irrelevantes e, agora, direcionados e capazes de gerar fenótipos expressivos. Esses, sob influência frequente ou contínua do agente promotor, desenvolvem ou predispõem à alterações nas células, as quais irão perpassar do estágio inicial, ao promotor e, por fim, o de progressão (INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER [INCA], 2022b; SABBAGA, 2016).

Desse modo, esse contingente de patologias é tão significativo que, corroborando com as estatísticas nacionais, conforme os números mundiais apresentados pela WHO (2022), estima-se que um a cada cinco pessoas irá desenvolver algum tipo de câncer antes do 75 anos, bem como, um a cada seis mortes é atribuível a esta etiologia, sentindo-se, assim, o impacto da sua carga de doença. Ademais, segundo a mesma organização, calcula-se que em 2010 o custo anual para com o câncer tenha sido de US\$ 1.160.000.000,00 globalmente.

Nesse sentido, consoante com o Global Cancer Observatory (2020a), em relação a 2020, o Brasil é o sexto colocado em números absolutos para a incidência e a mortalidade por neoplasias mundialmente. Entretanto, quando estes são ajustados por idade e população, o mesmo encontra-se no 61º e no 85º lugar, na devida ordem. Entrementes, para a WHO (2022), sua carga de doença continua crescendo globalmente, exercendo um tremendo esforço físico, emocional e financeiro para os indivíduos, famílias, comunidades e sistemas de saúde. De acordo com o Global Cancer Observatory (2020b), avalia-se que: a incidência mundial passe de 19.300.000 novos casos em 2020 para 30.200.000 em 2040; a mortalidade mundial transpasse de 9.960.000 óbitos em 2020 para 16.300.000 em 2040; a incidência brasileira migre de 592.000 novos casos em 2020 para 995.000 em 2040; e a mortalidade brasileira varie de 260.000 óbitos em 2020 para 470.000 em 2040.

Todavia, tendo-se em vista que 80-90% dos cânceres estejam associados à causas externas, como o ambiente (MINISTÉRIO DA SAÚDE [MS], 2022a), 30-50% da mortalidade por neoplasias pode ser prevenida modificando ou evitando os principais fatores de risco (Gráfico 3) e implementando estratégias de prevenção existentes e baseadas em evidência científica. Para aqueles, pode-se citar: cortar o tabagismo; manter um peso saudável; ingerir uma dieta saudável e repleta de frutas e vegetais; praticar exercícios regularmente; limitar o uso de álcool; exercer um sexo seguro; vacinar contra a hepatite B e o papiloma vírus humano (HPV); reduzir a exposição à radiação ultravioleta; prevenir a exposição desnecessária à radiação ionizante; e evitar a poluição do ar urbano e da fumaça decorrente do uso caseiro de combustíveis sólidos (WHO, 2022).

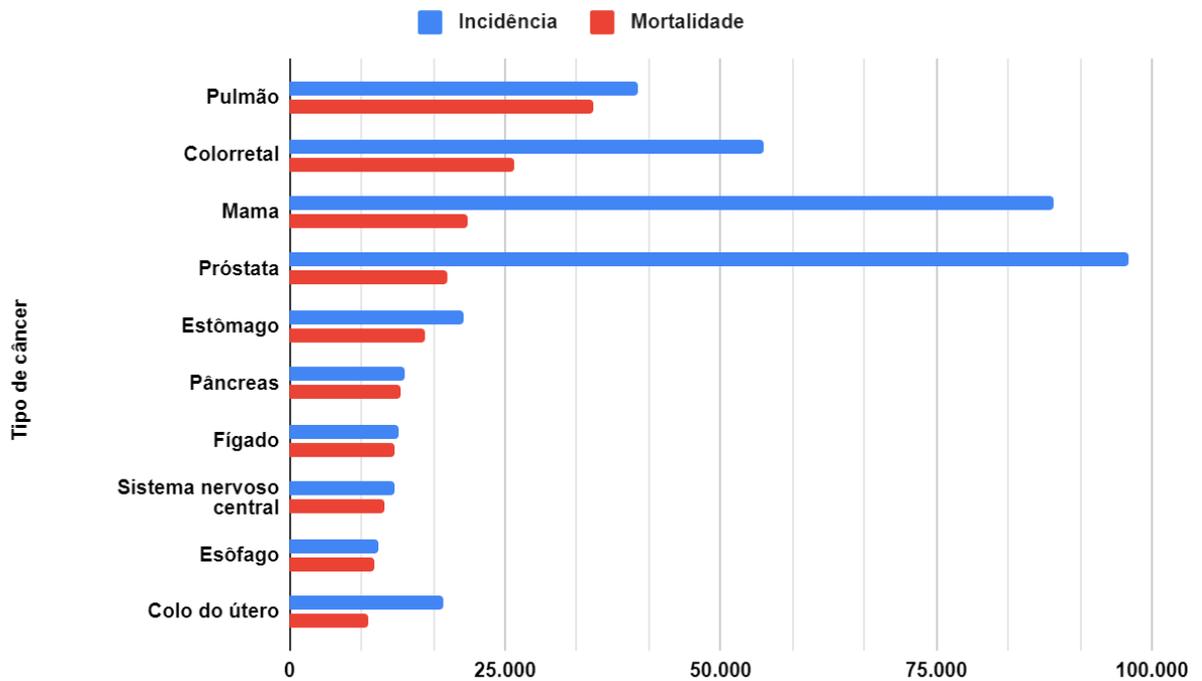
Gráfico 3 - Porcentagem estimada da mortalidade por neoplasias no Brasil em 2019 atribuíveis aos principais fatores de risco



Fonte: Global Burden of Disease (2019).

Nesse cenário, para um melhor entendimento e combate a esta moléstia, é de suma importância a compreensão da sua distribuição quanto à incidência e à mortalidade entre seus pares no contexto nacional (Gráfico 4). Dessa forma, através da análise destes dados, observa-se que o câncer de pulmão lidera a mortalidade por neoplasias no Brasil, assim como no mundo, com incidência estimada de 40.409 novos casos e mortalidade calculada de 35.160 óbitos para o ano de 2020, o que responde por apenas 6,8% dos novos casos e, em contrapartida, 13,5% de todos os óbitos (GLOBAL CANCER OBSERVATORY [GCO], 2020a). Logo, parte disto se deve ao fato de que a maioria dos pacientes obtém o diagnóstico apenas em estágios avançados da doença, momento em que ela irá provocar sintomas, como tosse, hemoptise, dispneia, dor torácica, dor óssea, rouquidão, cefaleia e perda de peso não intencional. Corroborando com isso, as taxas de sobrevida em cinco anos são meramente de 22,9% (NATIONAL COMPREHENSIVE CANCER NETWORK [NCCN], 2022).

Gráfico 4 - Estimativa da incidência e da mortalidade pelas dez principais neoplasias no Brasil em 2020, com exceção do câncer de pele não melanoma



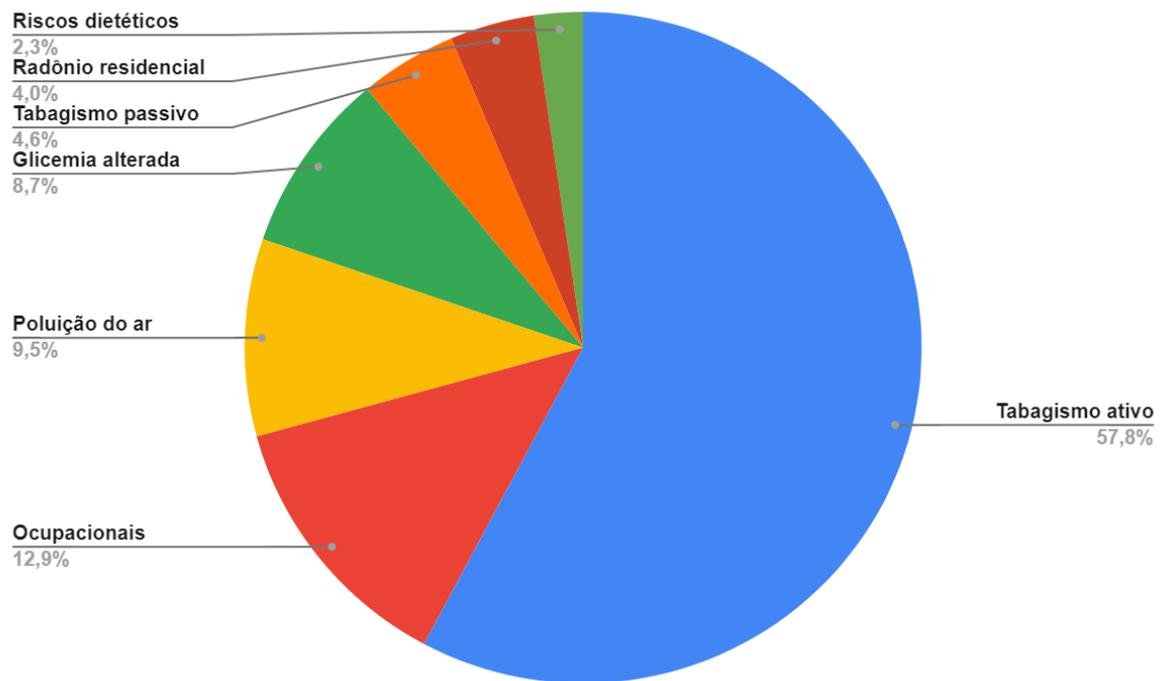
Fonte: GCO (2020a).

Além disso, segundo o GCO (2020a), em relação a 2020, o Brasil é o 11º e décimo colocado em números absolutos para a incidência e a mortalidade por neoplasia pulmonar no mundo, respectivamente. No entanto, quando estes são ajustados por idade e população, o mesmo encontra-se no 87º e no 86º lugar, nessa ordem. Como também, em conformidade com o GCO (2020b), avalia-se que para o câncer de pulmão: a incidência mundial mude de 2.206.771 novos casos em 2020 para 3.628.014 em 2040; a mortalidade mundial passe de 1.796.144 óbitos em 2020 para 3.007.969 em 2040; a incidência brasileira varie de 40.409 novos casos em 2020 para 73.592 em 2040; e a mortalidade brasileira migre de 35.160 óbitos em 2020 para 65.189 em 2040. Sendo assim, de acordo com o NCCN (2022), a prevenção e a detecção precoce são ferramentas importantes para a redução da mortalidade por esta doença.

Em vista disso, o conhecimento dos seus principais fatores de risco e de suas respectivas contribuições é de fundamental interesse (Gráfico 5). Dentre os substanciais, em concordância com o Global Burden of Disease (2019), pode-se elencar: o tabagismo ativo, os carcinógenos ocupacionais, a poluição do ar, a glicemia alterada, o tabagismo passivo, o radônio residencial e os riscos dietéticos. Além do mais, o NCCN (2022) menciona a radiação torácica prévia, a história familiar, a doença pulmonar obstrutiva crônica e a fibrose pulmonar como outros fatores de risco. Contudo, para alguns, há uma ordem diferente. Conforme a

United States Environmental Protection Agency (2022b), o radônio é a etiologia número um de neoplasia pulmonar em não fumantes e, considerando o tabagismo, é a segunda grande causa, atrás apenas deste.

Gráfico 5 - Porcentagem estimada da mortalidade por câncer de pulmão no Brasil em 2019 atribuíveis aos principais fatores de risco

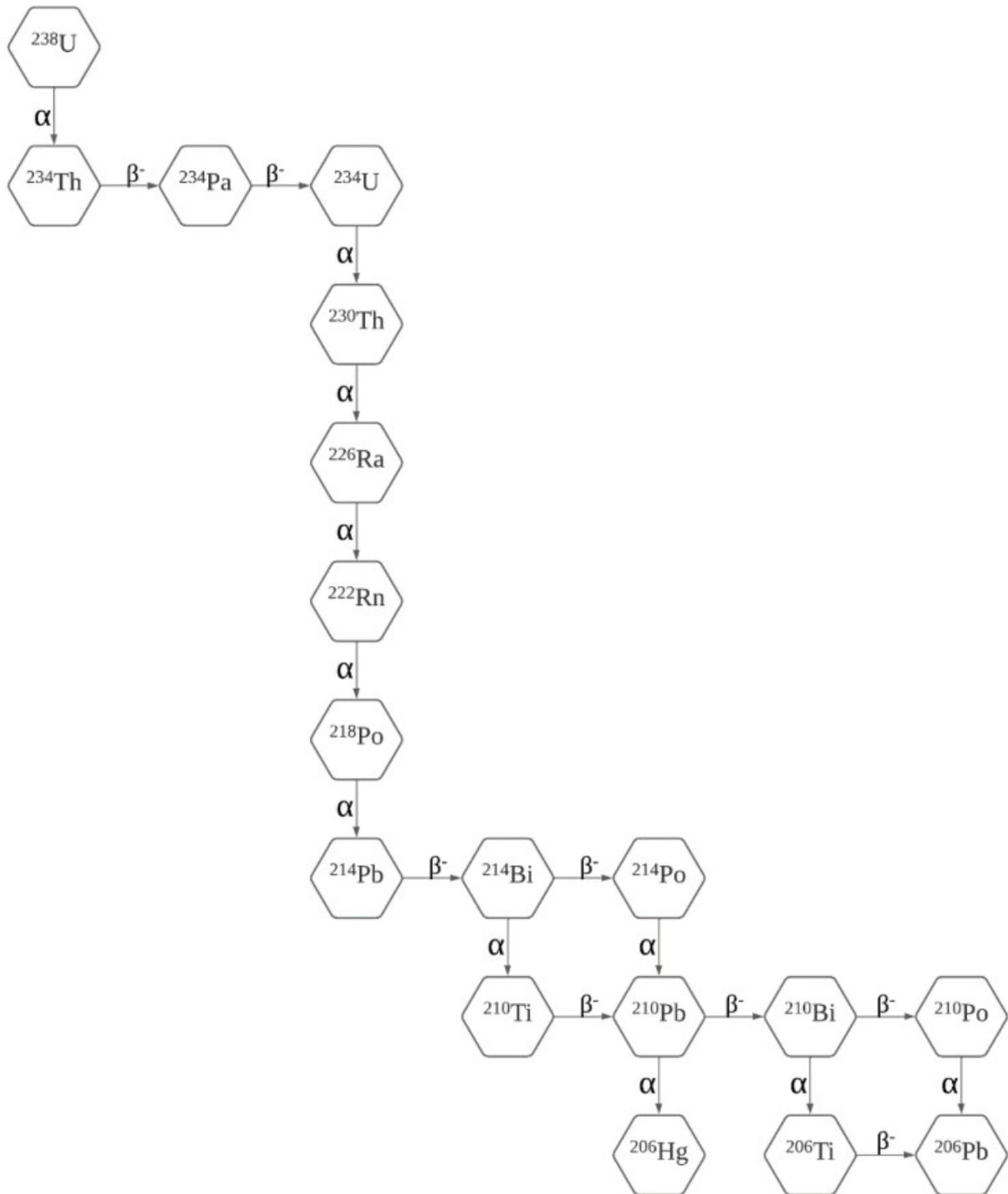


Fonte: Global Burden of Disease (2019).

Nessa perspectiva, para a American Cancer Society (2022), a European Commission (2004), o NCCN (2022), Torres-Durán *et al.* (2014), a United States Environmental Protection Agency (2022b) e a WHO (2021), o tabagismo pode ser responsável por 65-85% dos óbitos atribuíveis ao câncer de pulmão, sendo 15-25% da mortalidade ocorrendo em não fumantes; e o radônio com possibilidade de ser condenável por 3-14% das mortes por esta patologia, sujeitando-se ao seu nível na localidade e às taxas de fumantes, o que pode corresponder, em números absolutos, a uma mortalidade anual de 21.000 óbitos nos Estados Unidos (2.900 mortes em não fumantes), 20.000 óbitos na União Europeia (representando 9% das mortes por neoplasia pulmonar e 2% das mortalidade por todos os cânceres) e 84.000 óbitos em todo o mundo. Outrossim, de acordo com Riudavets *et al.* (2022), há de se considerar o sinergismo na carcinogênese quando se associa o radônio e o hábito de fumar, podendo alavancar o risco de câncer de pulmão na ordem de 20-25 vezes em relação aos fumantes expostos à pequenos níveis do outro fator.

Desse modo, uma vez demonstrada a magnitude deste fator de risco para a neoplasia pulmonar e sabendo-se do relativo desconhecimento sobre o mesmo, há que se discorrer sobre tal. Posto isso, o radônio é um gás radioativo natural, ubíquo na atmosfera, incolor e inodoro, derivado do decaimento radioativo do urânio-238, como exposto na Figura 1 (DARBY *et al.*, 2005; EUROPEAN COMMISSION, 2004; LINO *et al.*, 2015; MISSIMER *et al.*, 2019; e WHO, 2021); elemento rico na crosta terrestre e para o qual é estimado que o Brasil seja o sétimo maior detentor mundialmente (WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, 2022). Durante esse processo, surgem 27 isótopos do gás, entretanto, o Rn-222 é o mais relevante deles, tanto pela sua exposição, responsável por 80% do contato humano, como pela sua meia-vida mais longa, 3,8 dias, o que permite com que ele efetue seu ciclo (NUNES *et al.*, 2022).

Figura 1 - Processo de decaimento radioativo do Urânio-238

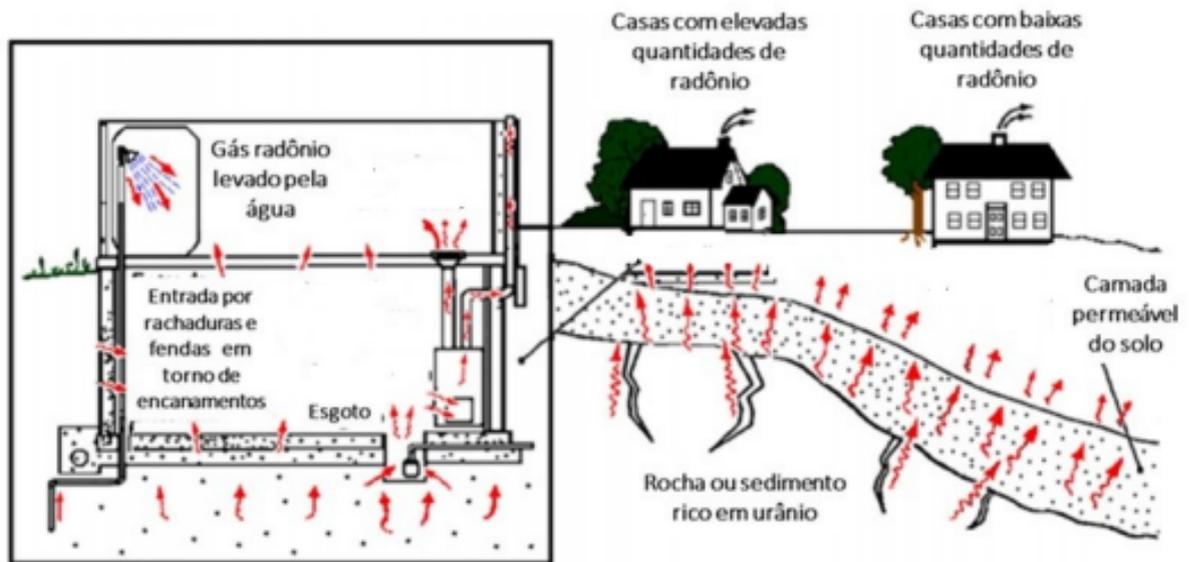


Fonte: Nunes *et al.* (2022).

Assim sendo, no decorrer desse processamento, o radônio emergirá do solo para a atmosfera. No ambiente, sua concentração é baixa, diluindo-se rapidamente, todavia, é no interior das construções que se acumula, uma vez que funcionam como verdadeiros vácuos, a partir do momento em que a pressão em seu interior é bem inferior à pressão no solo (GIUSTINI *et al.*, 2022; RIUDAVETS *et al.*, 2022; e UNITED STATES ENVIRONMENTAL

PROTECTION AGENCY [EPA], 2022a). Com isso, o gás, em sua ascensão, entra na edificação por meio de rachaduras, fendas e junções, elevando seu nível (Figura 2). Além disso, outros fatores também interferem em sua aglutinação, sendo eles: a porosidade do solo, a umidade do solo, a idade da construção, a arquitetura da construção, o tipo de fundação da construção, o radônio exalado dos materiais de construção (representando não mais do que 20% do nível residencial [LORENZO-GONZÁLEZ *et al.*, 2019b]), o vento, a umidade, a temperatura, a pressão atmosférica, a estação do ano, o momento do dia, o uso de aquecedor ou sistema de ar-condicionado e os hábitos de vida dos ocupantes (AMERICAN CANCER SOCIETY, 2015; HANEBERG *et al.*, 2020; LI *et al.*, 2020; e PETERMANN; BOSSEW, 2021).

Figura 2 - Emissão do radônio em ambiente interno



Fonte: Ramos (2020).

Por conseguinte, em relação ao radônio e seus números, a quantidade mais crítica é a intradomiciliar, respondendo por 90% do risco de câncer de pulmão induzido pelo gás (CHEN, 2019), que acontece, principalmente, devido ao processo de decaimento radioativo, junto do qual há liberação de radiação alfa, logo, sendo condecorado como carcinógeno classe um pela International Agency for Research on Cancer desde 1988 (LINO *et al.*, 2015; e WHO, 2016). Entrementes, apesar da proeminência para com o radônio, como ele é um gás e com meia-vida relativamente não curta, se o mesmo for inspirado, rapidamente é expirado. Conseqüentemente, a angústia paira sobre seus descendentes de curta meia-vida, como o polônio-218 e o polônio-214. Eles são pequenas partículas sólidas que ao serem inaladas tendem a se depositar nas células que recobrem a árvore brônquica e, diante disto, lesam-as com radiação curta e de alta energia no curso do seu decaimento radioativo (produzindo mais

de 50 % da radiação ionizante de origem natural recebida pelo ser humano [BELETE; ANTENEH, 2021; DARBY *et al.*, 2005; e RIUDAVETS *et al.*, 2022]), o que reage com o DNA, por meio de espécies reativas de oxigênio e radicais hidroxila, favorecendo a carcinogênese (AMERICAN CANCER SOCIETY, 2015; e LORENZO-GONZÁLEZ *et al.*, 2019b).

Nesse contexto, segundo a WHO (2016), não há um limite mínimo de exposição a esse fator de risco visto como seguro. Não obstante, de acordo com Lorenzo-González *et al.* (2020), apenas concentrações residenciais de radônio a partir de 50 becquerel (Bq - consoante com a WHO [2021], unidade de medida usada para radioatividade, correspondendo a desintegração de um núcleo atômico por segundo) por metro cúbico ( $m^3$ ) manifestam associação estatisticamente significativa com a neoplasia pulmonar, apesar da suscetibilidade individual, tempo de contato, exposição na infância e presença de outros fatores de risco influenciarem essa relação para Riudavets *et al.* (2022). Nesse sentido, a European Commission (2004) e o NCCN (2022) defendem uma associação de risco linear entre o gás e o câncer de pulmão, porém, Lino *et al.* (2015) expõe uma relação de risco não linear entre este fator e a patologia abordada.

Isso posto, em conformidade com Darby *et al.* (2005), há um odds ratio (OR) de 1,16 (intervalo de confiança [IC] de 95%, 1,05-1,31) a cada aumento em 100 Bq/ $m^3$  na concentração de radônio em relação à neoplasia pulmonar; em concordância com Riudavets *et al.* (2022), existe um OR de 1,24 (IC de 95%, 1,11-1,38) para os expostos à níveis do gás maior ou igual a 150 Bq/ $m^3$  em associação ao câncer de pulmão; e segundo Lorenzo-González *et al.* (2019a), contabiliza-se um OR de 1,73 (IC 95%, 1,27-2,35) para as pessoas em contato com quantidade de radônio maior ou igual à 200 Bq/ $m^3$  comparada com os expostos à concentração menores ou iguais à 100 Bq/ $m^3$  em relação à neoplasia pulmonar. Ademais, outra forma de visualizar esses números é como apresentado pela WHO (2016), quando estima o risco de adquirir câncer de pulmão aos 75 anos após viver em uma casa com 0, 100 e 800 Bq/ $m^3$  de nível do gás para não fumantes de 4, 5 e 10 casos a cada 1.000 habitantes e para fumantes 100, 120 e 220 casos a cada 1.000 habitantes.

Por isso, alguns países estabelecem limites aceitáveis de concentração intradomiciliar de radônio, para os quais, caso haja um excedente, deve-se buscar a mitigação do gás, tendo em vista que a avaliação e a redução da quantidade de radônio residencial compreendem uma das 12 recomendações do European Code Against Cancer. Portanto, a China em edificações novas e a WHO determinam um marco de até 100 Bq/ $m^3$ , a Coreia do Sul e os Estados Unidos da América definem níveis abaixo de 150 Bq/ $m^3$ , a China em construções antigas e a

European Commission for Atomic Energy indicam quantidades de até 300 Bq/m<sup>3</sup> e o Canadá designa um limite abaixo de 800 Bq/m<sup>3</sup> (RIUDAVETS *et al.*, 2022). Além do mais, como ferramenta auxiliar neste combate, alguns países também confeccionam mapas de zonas de radônio com base em medições de sua concentração intradomiciliar, geologia, radioatividade aérea, parâmetros do solo e tipos de fundação da residência para detectar áreas com maior potencial de níveis elevados do gás dentro dos domicílios. Como exemplo, tem-se os Estados Unidos da América que detém um mapa de zonas de radônio desenvolvido em 1993 (EPA, 2022a), haja vista também o desassossego com a estatística de que uma a cada 15 casas no país possui quantidades elevadas do gás, aproximadamente (AMERICAN CANCER SOCIETY, 2015).

Como também, fortalecendo ainda mais esse ímpeto combativo, orça-se que apenas o primeiro ano de tratamento para o câncer de pulmão relacionado ao radônio em Utah, um estado norte americano, onere em torno de US\$2.700.000,00-3.600.000,00, sem contar com as despesas relacionadas à perda de produtividade e à morte prematura (CHIAVACCI *et al.*, 2020). Nessa perspectiva, é calculado que cada dólar investido em testes de medição de radônio e em sua mitigação através de reparos em residências familiares tradicionais, economiza-se US\$11,00-20,00 em custos na saúde (RADON LEADERS, 2022). Outrossim, estima-se que o teste deve desembolsar em torno de US\$15 e a mitigação, um pouco mais cara, aproximadamente US\$800-2.000, a depender do tamanho do domicílio e do tipo de sua fundação (CHIAVACCI *et al.*, 2020).

Dessarte, dentro desse contexto da magnitude da mortalidade por neoplasias no Brasil, da contribuição dos óbitos por câncer de pulmão nestes números, da atuação do radônio para com esta neoplasia, da quantidade de minério de urânio presente neste país e da oportunidade de prevenção, este trabalho é idealizado. Posto isso, objetiva-se, primariamente, avaliar se há associação entre a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010 a 2020; e secundariamente, apreciar a correlação entre os tipos de exposição ao tabaco (tabagismo, ex-tabagismo e tabagismo passivo) e os óbitos por neoplasia pulmonar nos estados brasileiros no ano de 2019 e no período de 2010-2020, respectivamente, com o intuito de utilizá-la como um comparativo.

## **2. METODOLOGIA**

Esse é um trabalho observacional, em um corte de tempo transversal, ao nível populacional e fundamentado em dados secundários, portanto, denominado de estudo ecológico, como afirma Rouquayrol e Gurgel (2018). Dessa forma, através do mesmo, objetiva-se: primariamente, avaliar se há associação entre a favorabilidade de urânio e a

mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010 a 2020, uma vez que não existem aferições da concentração de radônio residencial de abrangência nacional, a geologia é um dos fatores contribuidores para este, conforme a EPA (2022a), e, ao se estudar um intervalo de tempo (incluindo os dados mais recentes disponíveis), evita-se variações excepcionais nos números; e, secundariamente, apreciar a correlação entre os tipos de exposição ao tabaco e os óbitos por neoplasia pulmonar nos estados brasileiros (haja vista que não existem números municipais de abrangência nacional) no ano de 2019 e no período de 2010-2020, respectivamente, com o intuito de utilizá-la como um comparativo, posto que é uma covariável, em consonância com o NCCN (2022) e Riudavets *et al.* (2022).

Nesse sentido, avaliou-se todas as cidades e estados para com as outras variáveis estudadas. Os primeiros em relação a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão e os segundos a respeito dos óbitos por neoplasia pulmonar e a proporção de tipos de exposição ao tabaco, tendo em vista que a divisão da favorabilidade de urânio disponível é melhor estudada no âmbito municipal. Desse modo, a favorabilidade de urânio está expressa em grupos ordinais em correspondência com sua classificação (Figura 3), pois foi a configuração acessível; a mortalidade por câncer de pulmão está relatada no formato de taxa de óbitos por esta neoplasia, para ambos os sexos, todas as idades, a cada 100.000 habitantes, ajustada pela população brasileira de 2010 e dividida por ano, tendo em vista que delineia uma proporcionalidade e anula as diferenças nas faixas etárias entre as populações; e os tipos de exposição ao tabaco estão definidos conforme suas taxas na comunidade a cada 100.000 habitantes.

Figura 3 - Grupos para classificação da favorabilidade de urânio

0 a 2,5	2,51 a 4,0	4,01 a 5,0	5,01 a 6,0	6,01 a 7,0	7,01 a 8,0	8,01 a 9,0	9,01 a 14,0
---------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------

Fonte: Polo *et al.* (2022).

Dito isso, a favorabilidade de urânio está disponível no trabalho de Polo *et al.* (2022) plotada no mapa do Brasil com variações territoriais conforme seus grupos de classificação, dando forma ao mapa de avaliação do potencial de urânio do Brasil. Neste, para contemplar esta variável, os autores recorreram à uma análise manual ou cognitiva dirigida pelo conhecimento de especialistas sobre a geologia e as potencialidades de 118 geocompartimentos no Brasil, os quais são definidos como áreas com conjuntos litológicos similares ou correlacionáveis a partir de agrupamentos de domínios geotectônicos, correlações litoestratigráficas e características litológicas. Outrossim, os 15 tipos de depósitos de urânio definidos pela International Atomic Energy Agency (2018) foram agrupados em seis sistemas

minerais de urânio, mapeados em escala regional e continental, que possuem processos genéticos, ambientais de formação e elementos geológicos semelhantes.

Por conseguinte, a pontuação final de um geocompartimento específico, que determina sua classificação em um dos grupos da favorabilidade de urânio, é estabelecida pelo somatório do potencial de mineralização multiplicado pelo fator de qualidade para cada sistema de urânio localizado na região estudada. Em vista disso, o potencial de mineralização é calculado pelo produto das notas de probabilidade subjetivas, que variam de zero a um (em que zero significa que os elementos são comprovadamente ausentes ou impossíveis e um denota que os recursos são presentes ou verdadeiros), para a fonte de urânio, o transporte de urânio e a deposição de urânio. E o fator de qualidade indica a qualidade potencial dos respectivos depósitos, no que concerne aos teores, tonelagem média e complexidade para a mineração. Logo, os geocompartimentos com maior pontuação final para a favorabilidade de urânio correspondem às regiões onde podem ocorrer a sobreposição de diferentes sistemas de urânio e potenciais depósitos com melhor teor-tonelagem (POLO *et al.*, 2022).

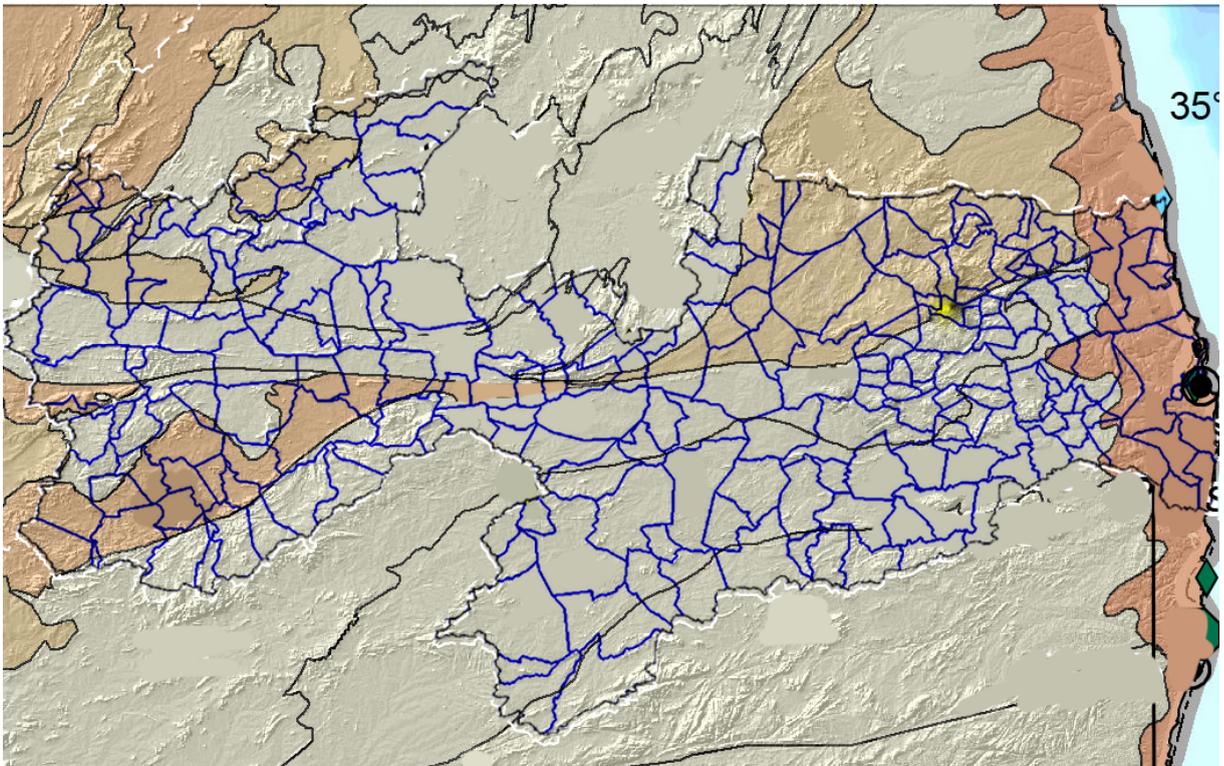
Além disso, os mapas políticos dos municípios e suas respectivas unidades da federação foram obtidos através de órgão oficial do Governo Federal (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE], 2015). Bem como, a mortalidade por câncer de pulmão, sendo seus números alimentados pelas declarações de óbito e seus dados acessados por meio de tabulador do atlas on-line de mortalidade mantido pelo INCA, em que se selecionou o período de 2010 a 2020, em ambos os sexos, para o código correspondente às neoplasias de brônquios e pulmões, ao nível de todas as cidades e estados, dividido pelo anos do intervalo de tempo escolhido, em todas as idades e o resultado bruto ajustado pela população brasileira de 2010 e exposto em taxa de óbitos para cada 100.000 habitantes (INCA, 2022a). Como também, os tipos de exposição ao tabaco, adquirindo-se suas taxas nos estados brasileiros por intermédio da Pesquisa Nacional de Saúde (módulo estilo de vida - tabagismo) realizada em 2019 pelo IBGE e disponível mediante plataforma da Fundação Oswaldo Cruz em “Painel de Indicadores de Saúde” (IBGE, 2019).

Posto isso, elaborou-se os critérios para inclusão e exclusão dos municípios e unidades da federação no trabalho. Os primeiros são: para as cidades, as que tenham dados no atlas on-line de mortalidade a respeito da neoplasia pulmonar; e para os estados, os que contenham números no atlas on-line de mortalidade sobre o câncer de pulmão. Os outros são: para os municípios, os que não dispõem de dados no atlas on-line de mortalidade acerca da neoplasia pulmonar; e para as unidades da federação, as que não apresentam números no atlas on-line de mortalidade no que refere ao câncer de pulmão. Além do mais, os critérios de inclusão das

idades nos respectivos grupos para classificação da favorabilidade de urânio são, respeitando o mais grave: mais de 50 % do território elencado como determinado grupo; ou a área urbana situada em região de um grupo em específico. Dessa maneira, não há critérios de exclusão, uma vez que todos os municípios compreendidos no estudo serão destinados a algum agrupamento.

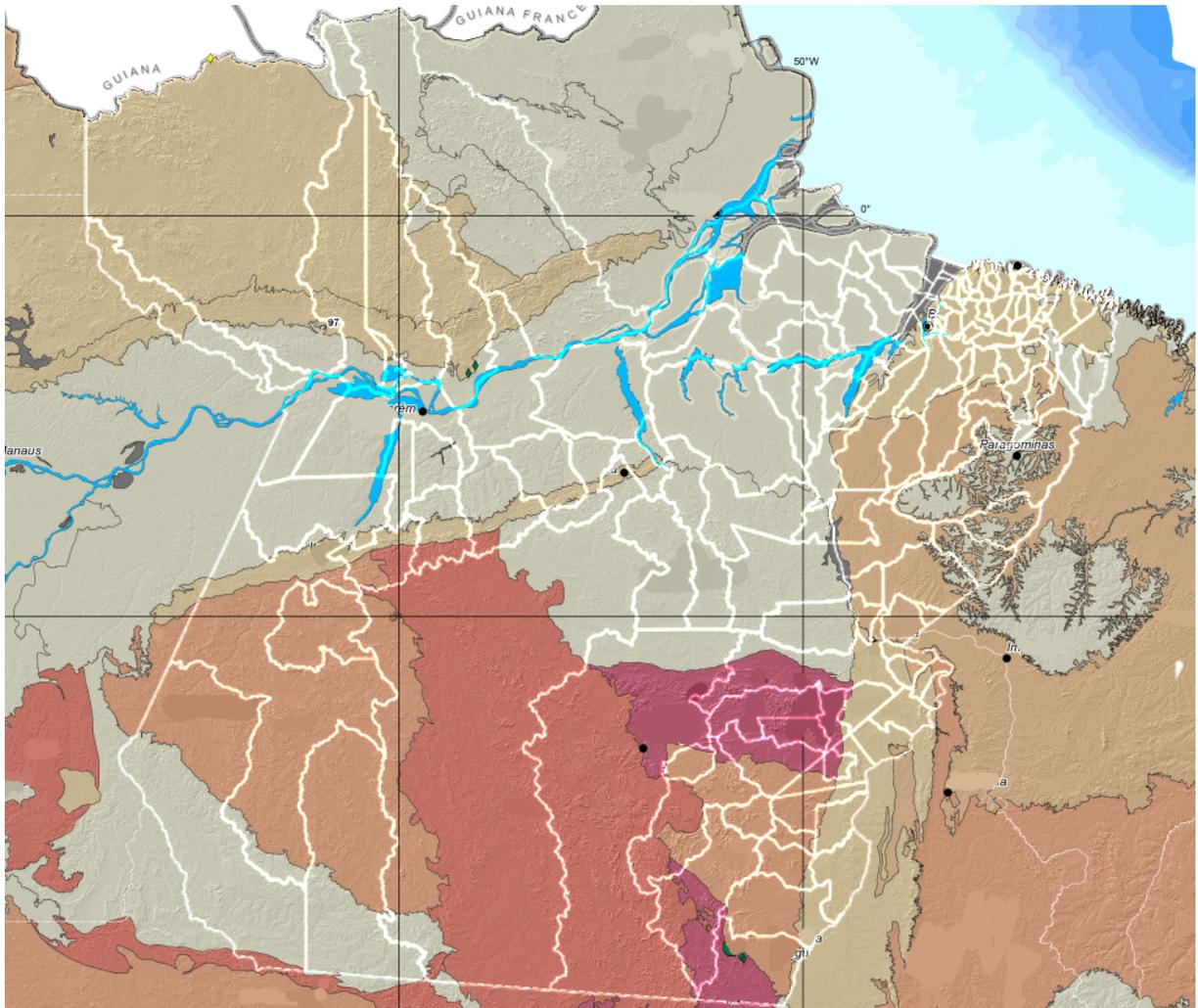
Portanto, após os fatos acima relatados, dar-se-á o detalhamento sobre o procedimento para a coleta das informações. Primeiramente, através do software Adobe Photoshop (Adobe Systems), realizou-se a sobreposição entre o mapa de avaliação do potencial de urânio do Brasil, disponível em Polo *et al.* (2022), e os mapas políticos das cidades e estados, acessíveis em IBGE (2015), nas suas respectivas regiões, como exemplificado nas figuras 4, 5 e 6. Em seguida, identificou-se os municípios e seus grupos de classificação para a favorabilidade de urânio em todas as unidades da federação, tabulando-os de modo agrupado por meio do software Microsoft Excel (Microsoft). Posteriormente, recolheu-se os dados a respeito dos óbitos por neoplasia pulmonar, evidentes no INCA (2022a), e os associou às suas cidades e seus estados. E, por fim, obteve-se as proporções dos tipos de exposição ao tabaco em cada unidade da federação, mediante o IBGE (2019), e as relacionou aos seus estados.

Figura 4 - Paraíba e seus municípios no mapa de avaliação do potencial de urânio do Brasil



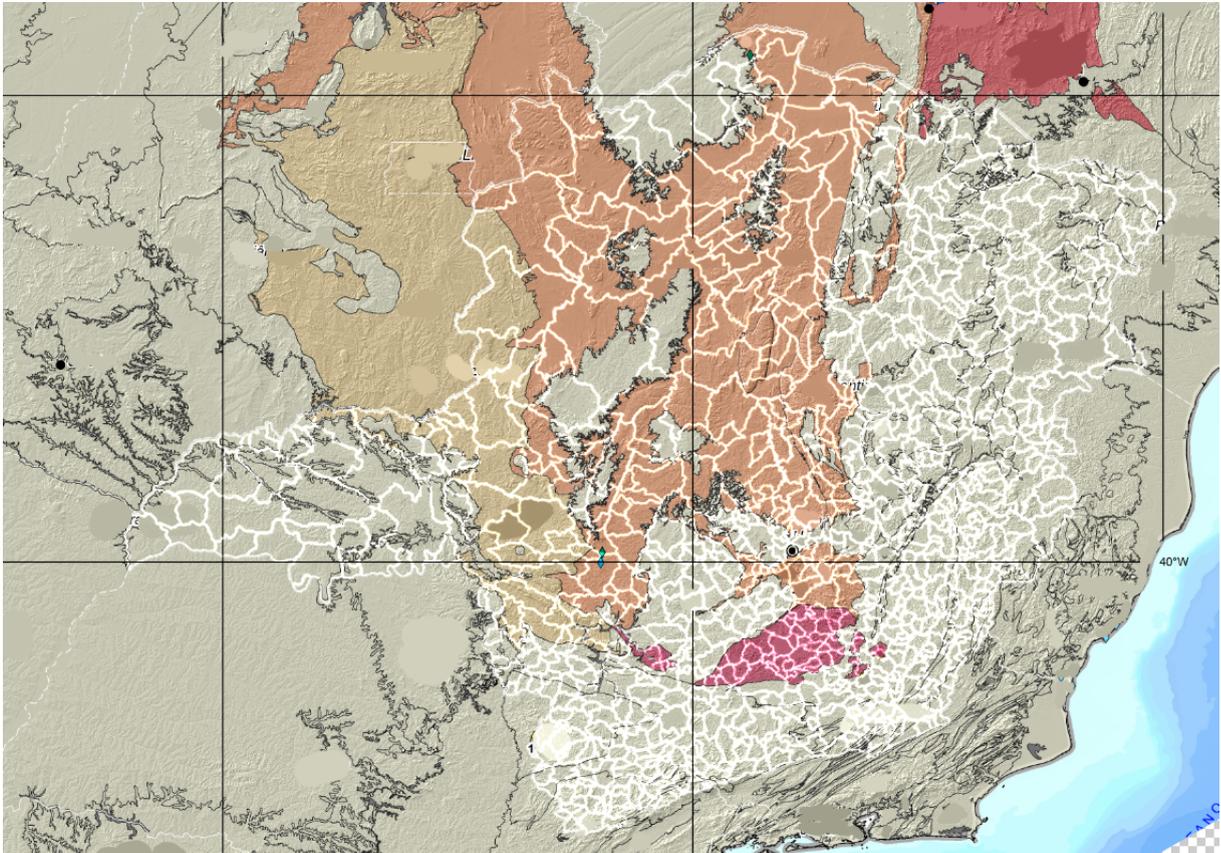
Fonte: O autor (2022).

Figura 5 - Pará e seus municípios no mapa de avaliação do potencial de urânio do Brasil



Fonte: O autor (2022).

Figura 6 - Minas Gerais e seus municípios no mapa de avaliação do potencial de urânio do Brasil



Fonte: O autor (2022).

Dessarte, com todas essas informações enumeradas, a análise estatística dos dados deu-se por intermédio dos softwares International Business Machines Corporation (IBM) Statistical Package for the Social Science (SPSS) Statistics versão 20 (IBM), Jamovi versão 2.3.18 (The jamovi project) e Microsoft Excel (Microsoft).

Logo, inicialmente, buscou-se a contagem de todos os municípios analisados e suas frequências de disposição de acordo com a classificação da favorabilidade de urânio em números absolutos e relativos. Em seguida, confeccionou-se o diagrama de Pareto para as cidades separadas pela favorabilidade de urânio, o qual permite melhor visualização das frequências e ordena as classificações da favorabilidade de urânio da maior para menor contribuidora.

Além disso, para possibilitar cálculos estatísticos posteriores, almejou-se uma medida de tendência central para a mortalidade por câncer de pulmão em cada município entre o período de 2010-2020. Com isso, como sua distribuição era eminentemente anormal, obteve-se a mediana dos mesmos.

Nesse sentido, após esta transformação, os óbitos por neoplasia pulmonar nas cidades foram novamente estudados quanto a sua distribuição mediante a elaboração de um diagrama Q-Q. Conseqüentemente, manifestou-se que o arranjo continuava anormal. Em vista disso, para compilação dos mesmos, desenvolveu-se a estatística descritiva através da quantidade de municípios considerados; a mediana, o valor mínimo e máximo, e o primeiro, o segundo e o terceiro quartis da mortalidade por câncer de pulmão nos municípios agrupados. Bem como, para melhor apreciação, preparou-se um gráfico de boxplot com a característica de violino. Posteriormente, dividiu-se os óbitos por neoplasia pulmonar nas cidades pela classificação da favorabilidade de urânio e caminhou-se pelos mesmos passos acima relatados, com a adição do teste de Shapiro-Wilk.

Por conseguinte, com o propósito de iniciar os testes à hipótese levantada no trabalho, comparou-se as classificações da favorabilidade de urânio, com a finalidade de identificar se haveria alguma diferença significativamente estatística entre elas, o que afirmaria que as mesmas foram compostas a partir de populações diversas, segundo Field (2020), e, em consequência, determinaria que a favorabilidade de urânio, de acordo com sua classificação, estaria associada a diferentes mortalidades por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020. Sendo assim, como a variável dependente estudada é quantitativa, os números anormalmente distribuídos, há oito grupos e os mesmos são não pareados, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis, com subsequente análise de acompanhamento para decomposição do efeito geral e estudo mais individualizado das classificações. Para isto, procedeu-se às comparações múltiplas, por meio das comparações em pares e subconjuntos homogêneos.

Ademais, partindo-se dos aspectos anteriormente descritos, empreendeu-se o teste de Jonckheere-Terpstra como ferramenta complementar, o qual verifica se existe um padrão ordenado nas medianas dos grupos; se há uma tendência linear nas medianas dos mesmos; ou seja, se a ordem dos grupos é significativa (FIELD, 2020). Dessa forma, asseguraria-se que a favorabilidade de urânio também estaria associada a óbitos por neoplasia pulmonar nas cidades brasileiras no período de 2010-2020 de acordo com uma ordenação de magnitude, que seria em concordância com sua classificação estabelecida no trabalho, sujeitando-se apenas ao resultado do teste para saber se, além de estatisticamente significativa, a ordem relacionaria-se de modo ascendente ou descendente. Como também, da mesma maneira que para o teste de Kruskal-Wallis, para dissecção do efeito geral e melhor inspeção das classificações, operou-se a análise de acompanhamento, com as comparações múltiplas, através das comparações em pares.

Além do mais, com os resultados previamente obtidos, executou-se outra investigação para acrescentar à testagem da hipótese do estudo. Posto isto, desempenhou-se uma análise de correlação entre as variáveis discutidas. Inicialmente, com o objetivo de entender o relacionamento entre as mesmas, desenvolveu-se um diagrama de dispersão entre elas. Em seguida, executou-se o teste estatístico propriamente dito. Desse modo, como os pressupostos não foram atendidos, haja vista que os dados não são normalmente distribuídos e lineares, utilizou-se outra estatística não-paramétrica, o coeficiente de correlação de Spearman. Portanto, este afirmaria se a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão nas cidades brasileiras no período de 2010-2020 covariam e, assim, possuiriam uma correlação entre ambas, a qual poderia ser ou não estatisticamente significativa e variar de forma proporcionalmente ou inversamente proporcional (FIELD, 2020).

Outrossim, para adquirir um comparativo a esta relação precedente, esmiuçou-se a correlação entre os tipos de exposição ao tabaco e os óbitos por neoplasia pulmonar ao nível dos 27 estados brasileiros no ano de 2019 e no período de 2010-2020, respectivamente. Todavia, antes disto, calculou-se uma medida de tendência central para a mortalidade por câncer de pulmão em cada unidade da federação entre o período de 2010-2020. Dessa maneira, como a distribuição de alguns era claramente anormal, adquiriu-se a mediana de todos.

Posteriormente, depois desta conversão, os óbitos por neoplasia pulmonar nos estados foram novamente aferidos quanto a sua distribuição mediante a produção de um diagrama Q-Q e o delineamento do teste de Shapiro-Wilk, assim como, para os dados de tabagismo, ex-tabagismo e tabagismo passivo. Por conseguinte, para aquela, evidenciou-se que o arranjo continuava anormal, e para esses, salientou-se uma discordância na distribuição. Com isso, seu arranjo também foi considerado anormal.

Isto posto, para resumo desses números e melhor compreensão, efetuou-se a estatística descritiva por intermédio da quantidade de unidades da federação examinadas; a mediana, o valor mínimo e máximo, e o primeiro, o segundo e o terceiro quartis da mortalidade por câncer de pulmão de todos os estados agrupados e tipos de exposição ao tabaco. Como também, para melhor visualização, fabricou-se um gráfico de boxplot com a característica de violino para cada uma dessas variáveis.

Nesse sentido, para seguimento com o objetivo e melhor apreciação dos relacionamentos entre as variáveis, criou-se diagramas de dispersão para cada tipo de exposição ao tabaco e óbitos por neoplasia pulmonar nas unidades da federação no ano de 2019 e no período de 2010-2020, nesta ordem. Subsequentemente, como os pressupostos de

normalidade e linearidade não foram angariados pelos dados, operou-se o coeficiente de correlação de Spearman para alcançar suas correlações e, posteriormente, possibilitar a comparação dos efeitos observados.

### 3. RESULTADOS

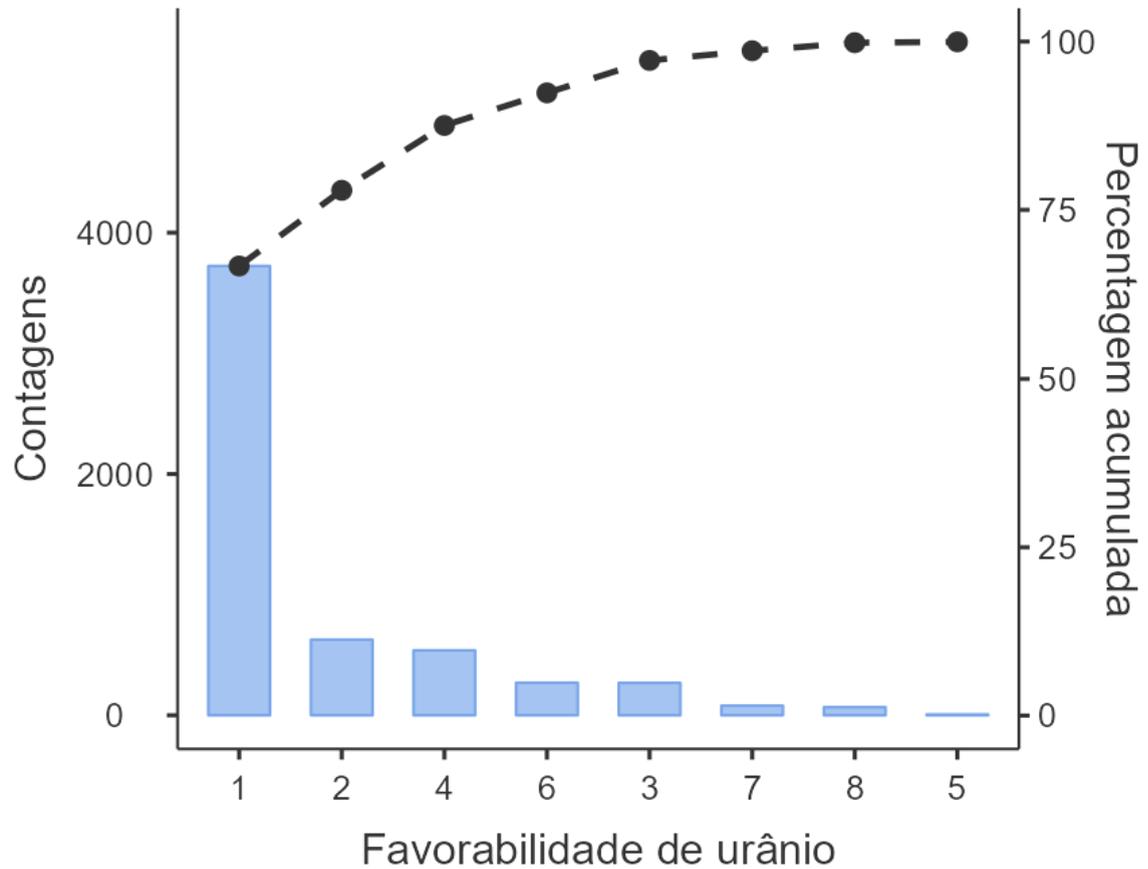
Em consonância com a descrição anterior para a análise estatística dos dados, iniciou-se com a contagem dos municípios apreciados, os quais contabilizaram um total de 5.582 cidades. Em seguida, dispuseram-os de acordo com a favorabilidade de urânio em números absolutos e relativos (Tabela 1) e confeccionou-se o diagrama de Pareto (Gráfico 6), o qual permitiu melhor admiração das frequências e ordenou as classificações da favorabilidade de urânio da maior para a menor contribuidora.

Tabela 1 - Frequências de distribuição dos municípios brasileiros de acordo com a favorabilidade de urânio em números absolutos e relativos

Classificação da favorabilidade de urânio	Contagens	% do Total
1	3.724	66,7 %
2	627	11,2 %
3	269	4,8 %
4	538	9,6 %
5	7	0,1 %
6	270	4,8 %
7	80	1,4 %
8	67	1,2 %

Fonte: O autor (2022).

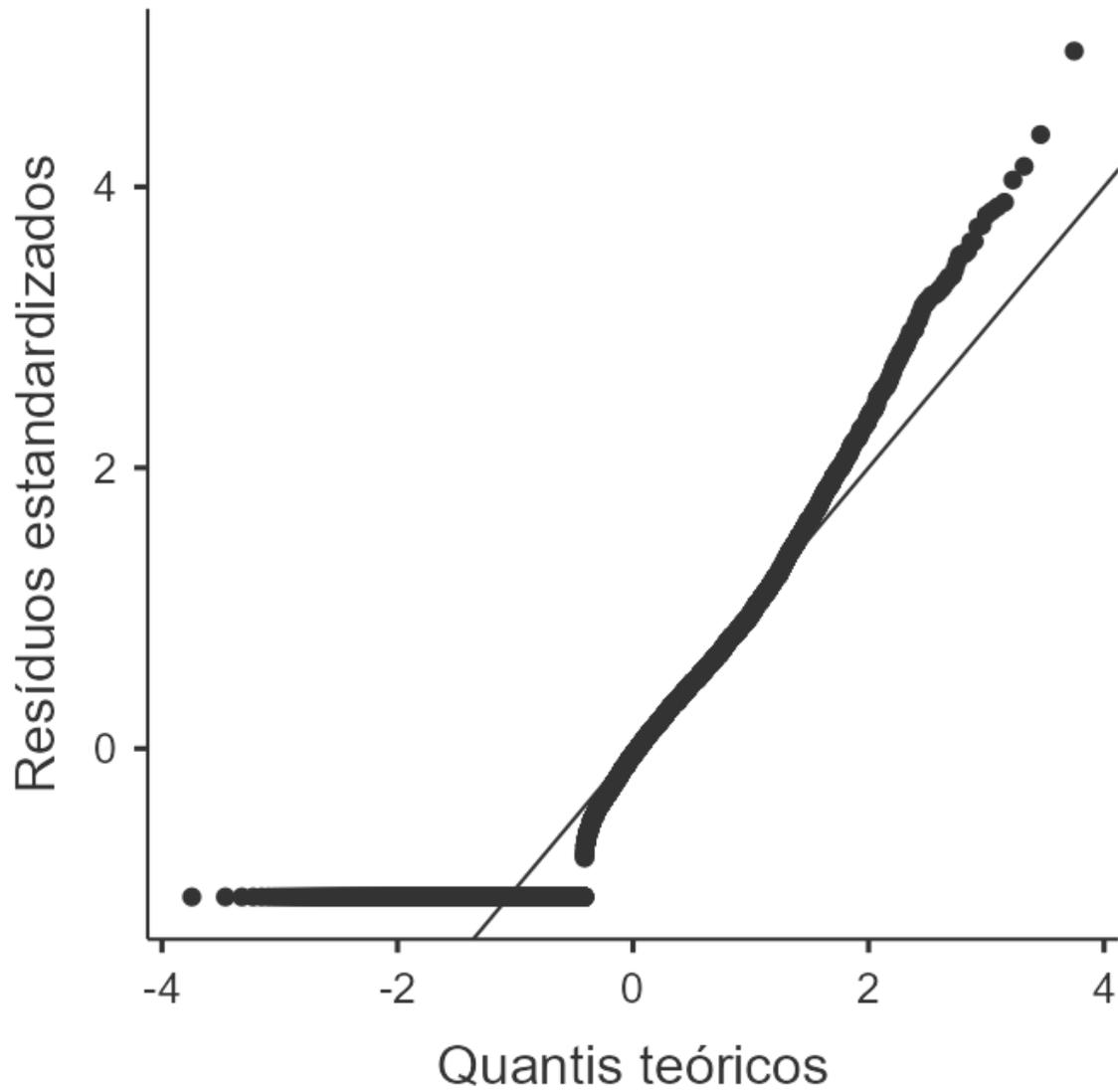
Gráfico 6 - Diagrama de Pareto para os municípios brasileiros de acordo com a classificação da favorabilidade de urânio



Fonte: O autor (2022).

Posteriormente, após transformação dos números, por meio da obtenção da medida de tendência central para a mortalidade por câncer de pulmão em cada município brasileiro entre o período de 2010-2020, estudou-se novamente a distribuição destes mediante um diagrama Q-Q (Gráfico 7), o qual manifestou que o arranjo continuava anormal por não seguir a diagonal apresentada. Subsequentemente, para compilação dos mesmos, desenvolveu-se a estatística descritiva (Tabela 2) e, para melhor contemplação, preparou-se um gráfico de boxplot com característica de violino (Gráfico 8).

Gráfico 7 - Diagrama Q-Q para a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros agrupados no período de 2010-2020



Fonte: O autor (2022).

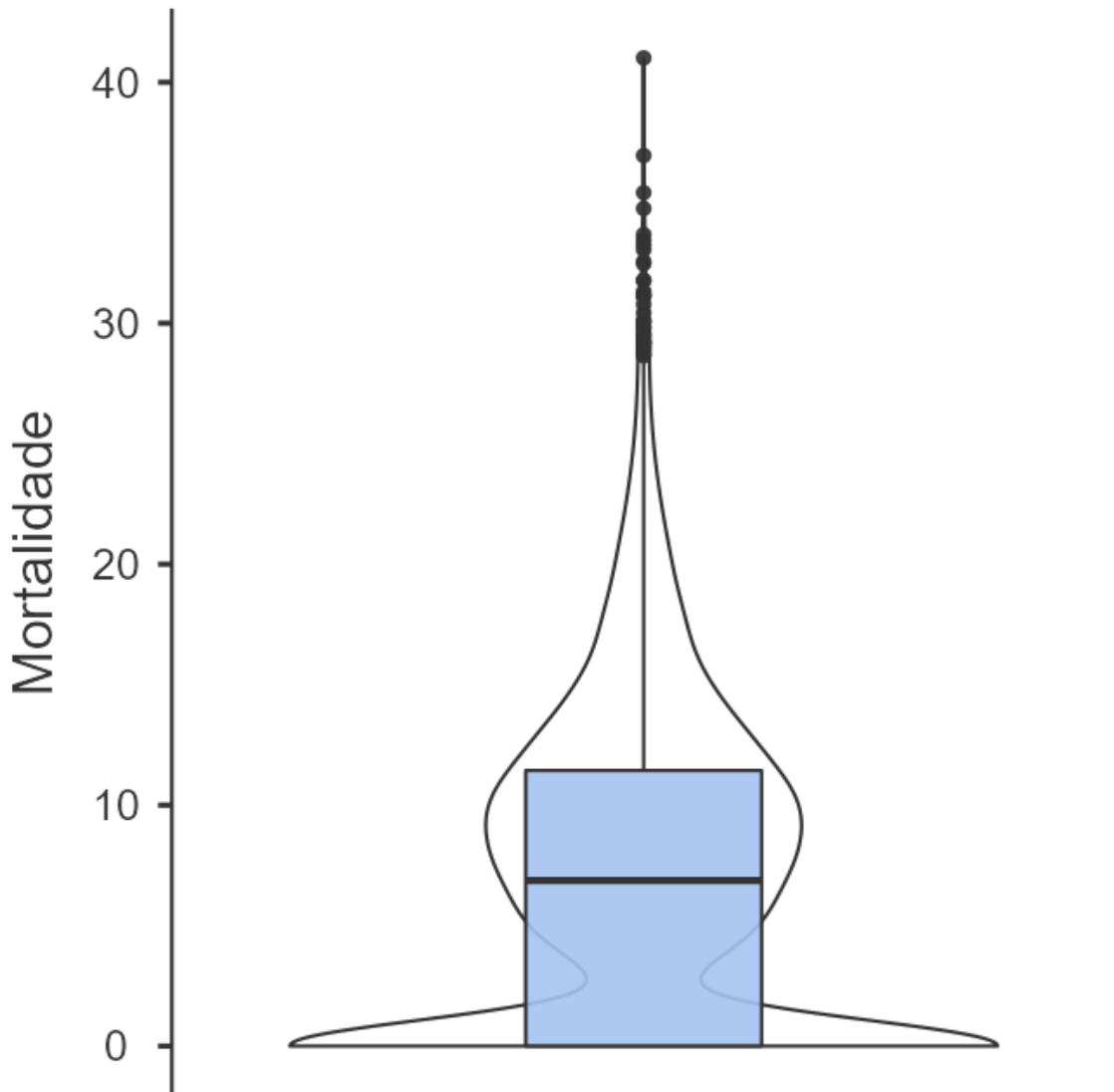
Tabela 2 - Estatística descritiva da mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros agrupados no período de 2010-2020

	Municípios	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentis		
					25th	50th	75th
<b>Mortalidade por câncer de pulmão</b>	<b>5.582</b>	<b>6,87</b>	<b>0,00</b>	<b>41,0</b>	<b>0,00</b>	<b>6,87</b>	<b>11,4</b>

Legenda: A mortalidade por câncer de pulmão está expressa em taxa de óbitos por esta neoplasia, para ambos os sexos, todas as idades, a cada 100.000 habitantes e ajustada para a população brasileira de 2010.

Fonte: O autor (2022).

Gráfico 8 - Gráfico de boxplot com característica de violino para a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros agrupados no período de 2010-2020



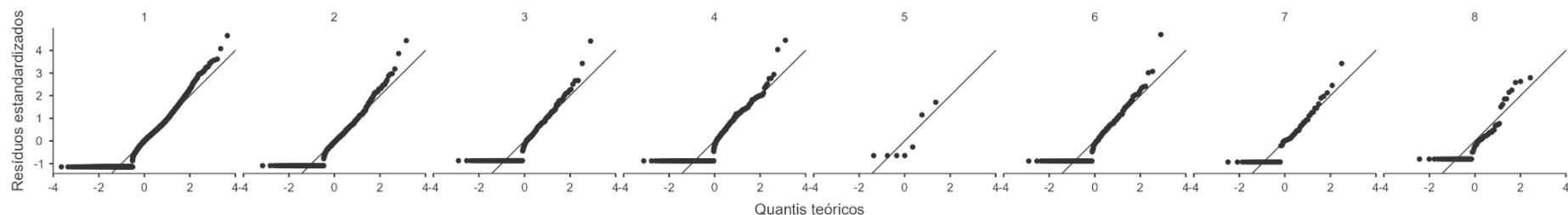
Legenda: A mortalidade por câncer de pulmão está expressa em taxa de óbitos por esta neoplasia, para ambos os sexos, todas as idades, a cada 100.000 habitantes e ajustada para a população brasileira de 2010.

Fonte: O autor (2022).

Além disso, dividiu-se os óbitos por neoplasia pulmonar nas cidades brasileiras no período de 2010-2020 pela classificação da favorabilidade de urânio e avaliou-se suas disposições nas respectivas classificações através de diagramas Q-Q (Gráfico 9) e testes de Shapiro-Wilk (Tabela 3), os quais confirmaram que os dados permaneciam com uma distribuição anormal por não acompanharem a diagonal exibida e os valores “p” dos testes

terem sido menores do que 0,05. Como também, efetuou-se a estatística descritiva (Tabela 3) e proveu-se gráficos de boxplot com característica de violino delimitados pela classificação da favorabilidade de urânio para esses números (Gráfico 10).

Gráfico 9 - Diagramas Q-Q para a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros de acordo com a favorabilidade de urânio no período de 2010-2020



Fonte: O autor (2022).

Tabela 3 - Estatística descritiva da mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros de acordo com a favorabilidade de urânio no período de 2010-2020

Classificação da favorabilidade de de urânio	Municípios	Mediana	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk		Percentis			
					W	p	25th	50th	75th	
Mortalidade por câncer de pulmão	1	3,724	8,14	0,00	41,0	0,913	<,001	0,00	8,14	12,53
	2	627	6,63	0,00	35,4	0,902	<,001	0,00	6,63	11,05
	3	269	3,37	0,00	25,4	0,828	<,001	0,00	3,37	7,44

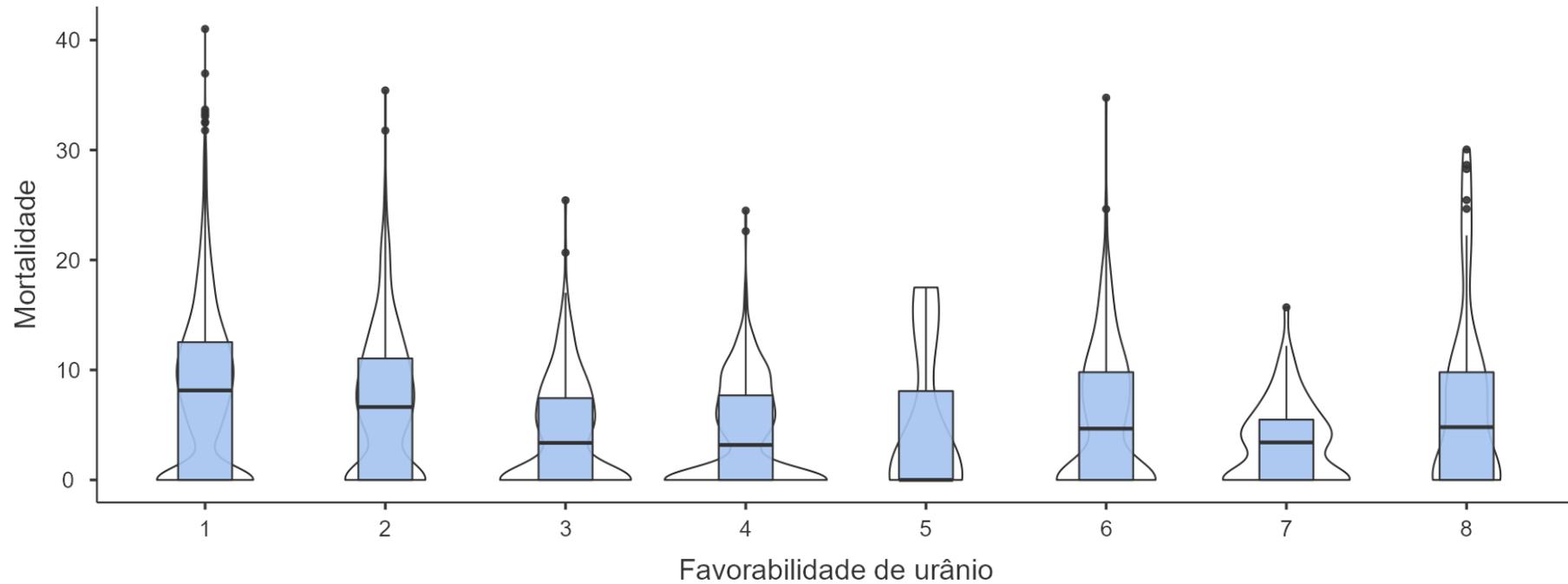
Tabela 3 - Estatística descritiva da mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros de acordo com a favorabilidade de urânio no período de 2010-2020

Classificação da favorabilidade de urânio	Municípios	Mediana	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk		Percentis		
					W	p	25th	50th	75th
4	538	3,18	0,00	24,5	0,822	<,001	0,00	3,18	7,69
5	7	0,00	0,00	17,5	0,713	0,005	0,00	0,00	8,08
6	270	4,67	0,00	34,8	0,834	<,001	0,00	4,67	9,80
7	80	3,41	0,00	15,7	0,852	<,001	0,00	3,41	5,48
8	67	4,80	0,00	30,1	0,787	<,001	0,00	4,80	9,79

Legenda: A mortalidade por câncer de pulmão está expressa em taxa de óbitos por esta neoplasia, para ambos os sexos, todas as idades, a cada 100.000 habitantes e ajustada para a população brasileira de 2010.

Fonte: O autor (2022).

Gráfico 10 - Gráficos de boxplot com característica de violino para a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros de acordo com a favorabilidade de urânio no período de 2010-2020



Legenda: A mortalidade por câncer de pulmão está expressa em taxa de óbitos por esta neoplasia, para ambos os sexos, todas as idades, a cada 100.000 habitantes e ajustada para a população brasileira de 2010.

Fonte: O autor (2022).

Por conseguinte, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis (Tabela 4 ) para comparação das classificações da favorabilidade de urânio, o qual identificou que há uma diferença estatisticamente significativa entre elas. Logo, afirmou-se que as mesmas foram compostas a partir de populações diversas, segundo Field (2020). Consequentemente, dentro do contexto do trabalho, determinou-se que a favorabilidade de urânio, de acordo com sua classificação, esteve associada a diferentes mortalidades por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020.

Tabela 4 - Teste de Kruskal-Wallis

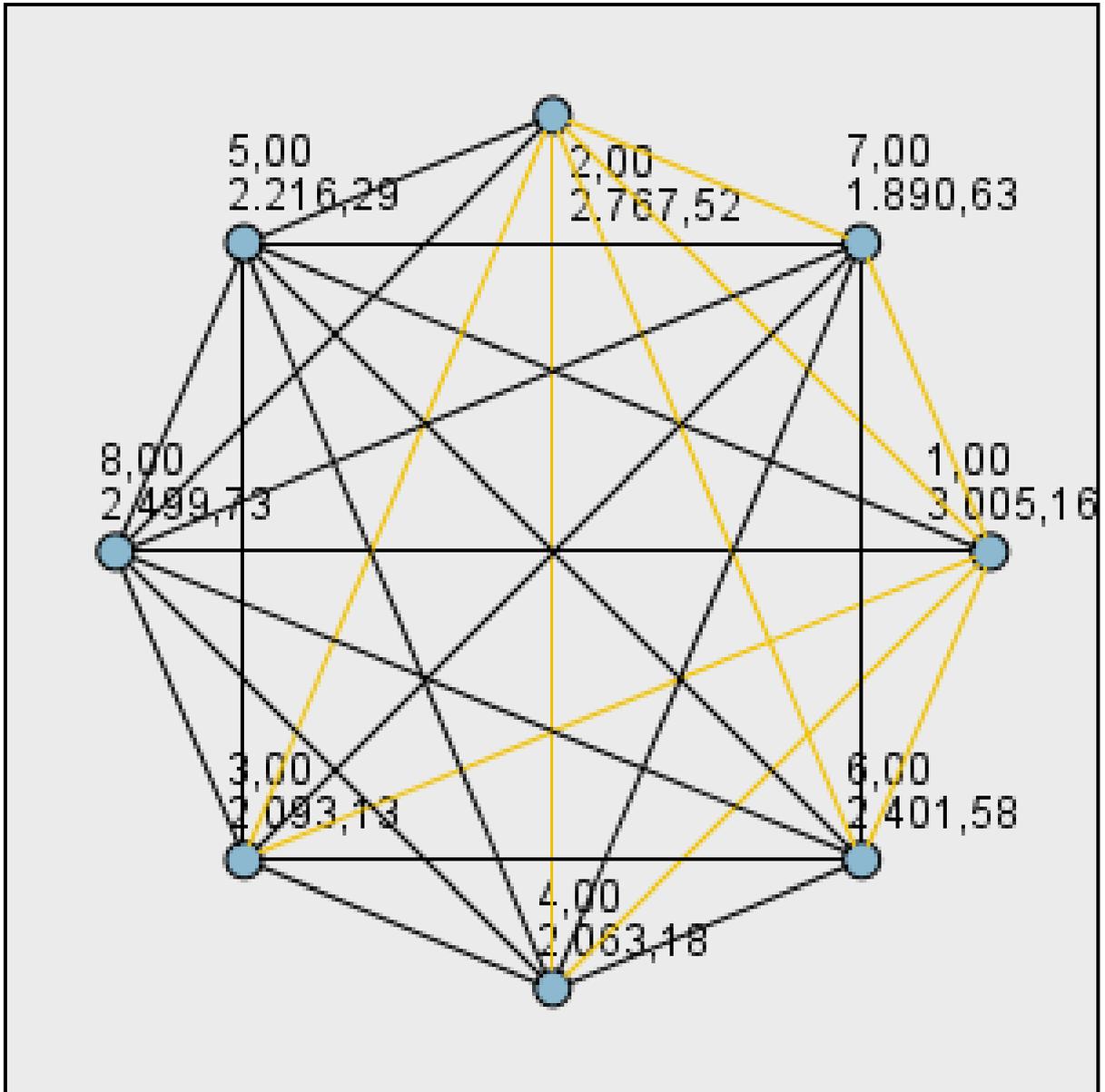
<b>Variáveis</b>	<b>Valores</b>
<b>Municípios</b>	<b>5.582</b>
<b>Estatística do teste</b>	<b>280,960</b>
<b>Graus de liberdade</b>	<b>7</b>
<b>Significância estatística</b>	<b>0,000</b>

Legenda: Os graus de liberdade são obtidos por meio de uma subtração simples da quantidade de grupos avaliados.

Fonte: O autor (2022).

No entanto, essa conclusão foi apresentada através de um efeito geral, que para sua decomposição e estudo mais individualizado das classificações da favorabilidade de urânio procedeu-se uma análise de acompanhamento, com as comparações múltiplas, por intermédio das comparações em pares e em subconjuntos homogêneos. Para aquelas, expôs-se o gráfico 11 e a tabela 5, nos quais houveram comparações pareadas entre todas as combinações possíveis de classificações da favorabilidade de urânio, de forma visual e mais matemática, nesta ordem. Desse modo, vislumbrou-se algumas comparações com diferenças estatisticamente significativas ajustadas (considerou-se este parâmetro por ser mais rigoroso com o erro tipo um, uma vez que se pode aumentá-lo com comparações múltiplas valendo-se do mesmo teste estatístico) e outras não. Posto isso, empregou-se as comparações em subconjuntos homogêneos (Tabela 6), agrupando em subgrupos as classificações da favorabilidade de urânio sem diferença estatisticamente significativa entre elas, haja vista que pertenceriam a uma mesma população de origem (FIELD, 2020).

Gráfico 11 - Diagrama de comparações em pares para as classificações da favorabilidade de urânio de acordo com o teste de Kruskal-Wallis



Legenda: O número superior representa a classificação da favorabilidade de urânio e o número inferior o posto médio da mortalidade por câncer de pulmão para cada uma. Além disso, as linhas amarelas representam diferenças estatisticamente significativas e as linhas pretas representam diferenças não estatisticamente significativas entre as classificações da favorabilidade de urânio interligadas.

Fonte: O autor (2022).

Tabela 5 - Comparações em pares para as classificações da favorabilidade de urânio de acordo com o teste de Kruskal-Wallis

Comparações	Teste estatístico	Erro padrão	Teste estatístico padronizado	Significância estatística	Significância estatística ajustada
3-1	912,022	99,72	9,146	0,000	0,000
4-1	941,976	72,849	12,931	0,000	0,000
6-1	603,577	99,548	6,063	0,000	0,000
7-1	1.114,53	178,478	6,245	0,000	0,000
3-2	674,385	115,122	5,858	0,000	0,000
4-2	704,339	92,823	7,588	0,000	0,000
7-2	876,888	187,519	4,676	0,000	0,000
2-1	237,637	68,182	3,485	0,000	0,014
6-2	365,94	114,973	3,183	0,001	0,041
4-6	-338,339	117,801	-2,872	0,004	0,114
8-1	505,425	194,693	2,596	0,009	0,264
7-6	510,948	201,059	2,541	0,011	0,309
7-8	-609,1	261,572	-2,329	0,02	0,557
3-6	-308,446	136,067	-2,267	0,023	0,655
4-8	-436,551	204,628	-2,133	0,033	0,921
3-5	-123,152	604,707	-0,204	0,839	1
4-5	-153,105	600,86	-0,255	0,799	1
4-3	29,954	117,946	0,254	0,8	1
7-5	325,654	622,56	0,523	0,601	1

Tabela 5 - Comparações em pares para as classificações da favorabilidade de urânio de acordo com o teste de Kruskal-Wallis

Comparações	Teste estatístico	Erro padrão	Teste estatístico padronizado	Significância estatística	Significância estatística ajustada
7-3	202,503	201,144	1,007	0,314	1
5-1	788,87	597,55	1,320	0,187	1
3-8	-406,598	215,661	-1,885	0,059	1
5-8	-283,446	627,4	-0,452	0,651	1
6-8	-98,152	215,581	-0,455	0,649	1
5-6	-185,294	604,678	-0,306	0,759	1
7-4	172,549	189,266	0,912	0,362	1
5-2	551,233	600,312	0,918	0,358	1
8-2	267,788	203,013	1,319	0,187	1

Legenda: O teste estatístico é calculado pela subtração entre os postos médios da mortalidade por câncer de pulmão das classificações da favorabilidade de urânio comparadas. Bem como, o teste estatístico padronizado é uma transformação do anterior em um escore-z. Como também, a significância estatística ajustada é um método mais rigoroso com o erro tipo um, uma vez que se pode aumentá-lo com comparações múltiplas valendo-se do mesmo teste estatístico. Além disso, as linhas com a última coluna em fundo laranja demonstram diferenças estatisticamente significativas.

Fonte: O autor (2022).

Tabela 6 - Comparações em subconjuntos homogêneos para as classificações da favorabilidade de urânio de acordo com o teste de Kruskal-Wallis

Subgrupos	Classificações da favorabilidade de urânio								Estatística do teste	Significância estatística	Significância estatística ajustada
	7	4	3	5	6	8	2	1			
1	1.890,631	2.063,180	2.093,134	2.216,286					1,003	0,800	0,960
2		2.063,180	2.093,134	2.216,286	2.401,580				7,797	0,050	0,098

Tabela 6 - Comparações em subconjuntos homogêneos para as classificações da favorabilidade de urânio de acordo com o teste de Kruskal-Wallis

Subgrupos	Classificações da favorabilidade de urânio								Estatística do teste	Significância estatística	Significância estatística ajustada
	7	4	3	5	6	8	2	1			
3			2.093,134	2.216,286	2.401,580	2.499,731			5,372	0,147	0,272
4						2.499,731	2.767,519		1,972	0,160	0,503
5								3.005,156			

Legenda: As células das classificações da favorabilidade de urânio são preenchidas pelos postos médios da mortalidade por câncer de pulmão para cada uma. Bem como, a significância estatística ajustada é um método mais rigoroso com o erro tipo um, uma vez que se pode aumentá-lo com comparações múltiplas valendo-se do mesmo teste estatístico. Como também, o último subgrupo não apresenta estatística do teste, significância estatística e significância estatística ajustada por sem composto por apenas uma classificação.

Fonte: O autor (2022).

Ademais, como ferramenta complementar às informações pregressas, empreendeu-se o teste de Jonckheere-Terpstra (Tabela 7) para verificar se existe um padrão ordenado nas medianas das classificações da favorabilidade de urânio, em conformidade com Field (2020). Dessa forma, aquele assegurou que a favorabilidade de urânio esteve associada, de maneira estatisticamente significativa, aos óbitos por neoplasia pulmonar nas cidades brasileiras no período de 2010-2020 em concordância com sua classificação estabelecida no trabalho e conforme uma ordem de magnitude descendente.

Tabela 7 - Teste de Jonckheere-Terpstra

<b>Variáveis</b>	<b>Valores</b>
<b>Municípios</b>	<b>5.582</b>
<b>Teste estatístico</b>	<b>3.240.319</b>
<b>Erro padrão</b>	<b>57.024,956</b>
<b>Teste estatístico padronizado</b>	<b>-15,303</b>
<b>Significância estatística</b>	<b>0,000</b>

Legenda: O teste estatístico padronizado é uma transformação do teste estatístico em um escore-z. Bem como, o sinal presente naquele determina que há um padrão ordenado regressivo entre as medianas das classificações da favorabilidade de urânio.

Fonte: O autor (2022).

Todavia, do mesmo modo que para o teste de Kruskal-Wallis, esse resultado foi manifestado por meio de um efeito geral. Por isso, para sua dissecção e melhor inspeção das classificações da favorabilidade de urânio, operou-se a análise de acompanhamento, com as comparações múltiplas, por intermédio das comparações em pares (Tabela 8). Sendo assim, fez-se comparações pareadas entre todas as combinações factíveis de classificações da favorabilidade de urânio. Em vista disso, observou-se algumas comparações com diferenças estatisticamente significativas ajustadas e outras não. Bem como, em todas, porém, com importância nas primeiras, atentou-se uma ordem nos grupos, sendo crescente ou decrescente de acordo com o sinal de positivo ou negativo, por esta ordenação, apresentado no teste estatístico padronizado.

Tabela 8 - Comparações em pares para as classificações da favorabilidade de urânio de acordo com o teste de Jonckheere-Terpstra

Comparações	Teste estatístico	Erro padrão	Teste estatístico padronizado	Significância estatística	Significância estatística ajustada
3-1	337.611,500	17.978,820	-9,081	0,000	0,000
4-1	663.883,500	26.217,842	-12,887	0,000	0,000
6-1	395.798,000	18.016,714	-5,936	0,000	0,000
7-1	89.480,000	9.581,621	-6,208	0,000	0,000
3-2	62.957,500	3.464,950	-6,169	0,000	0,000
4-2	124.340,500	5.544,899	-7,993	0,000	0,000
7-2	16.660,500	1.688,827	-4,985	0,000	0,000
2-1	1.064.166,500	28.687,993	-3,601	0,000	0,004
6-2	73.115,000	3.475,989	-3,317	0,000	0,013
8-1	103.325,500	8.753,646	-2,488	0,007	0,201
7-6	9.085,500	758,852	-2,259	0,012	0,334
3-5	904,000	197,555	-0,190	0,425	1,000
4-5	1.850,500	389,428	-0,083	0,467	1,000
4-3	71.694,500	2.945,886	-0,226	0,411	1,000
7-5	296,000	61,356	0,261	0,603	1,000
7-3	10.025,000	753,866	-0,975	0,165	1,000
5-1	9.675,500	2.807,793	-1,196	0,116	1,000
3-8	10.050,500	675,617	1,538	0,938	1,000
4-8	20.288,000	1.271,911	1,781	0,963	1,000
3-6	39.935,000	1.718,669	2,106	0,982	1,000
5-8	261,000	51,450	0,515	0,697	1,000

Tabela 8 - Comparações em pares para as classificações da favorabilidade de urânio de acordo com o teste de Jonckheere-Terpstra

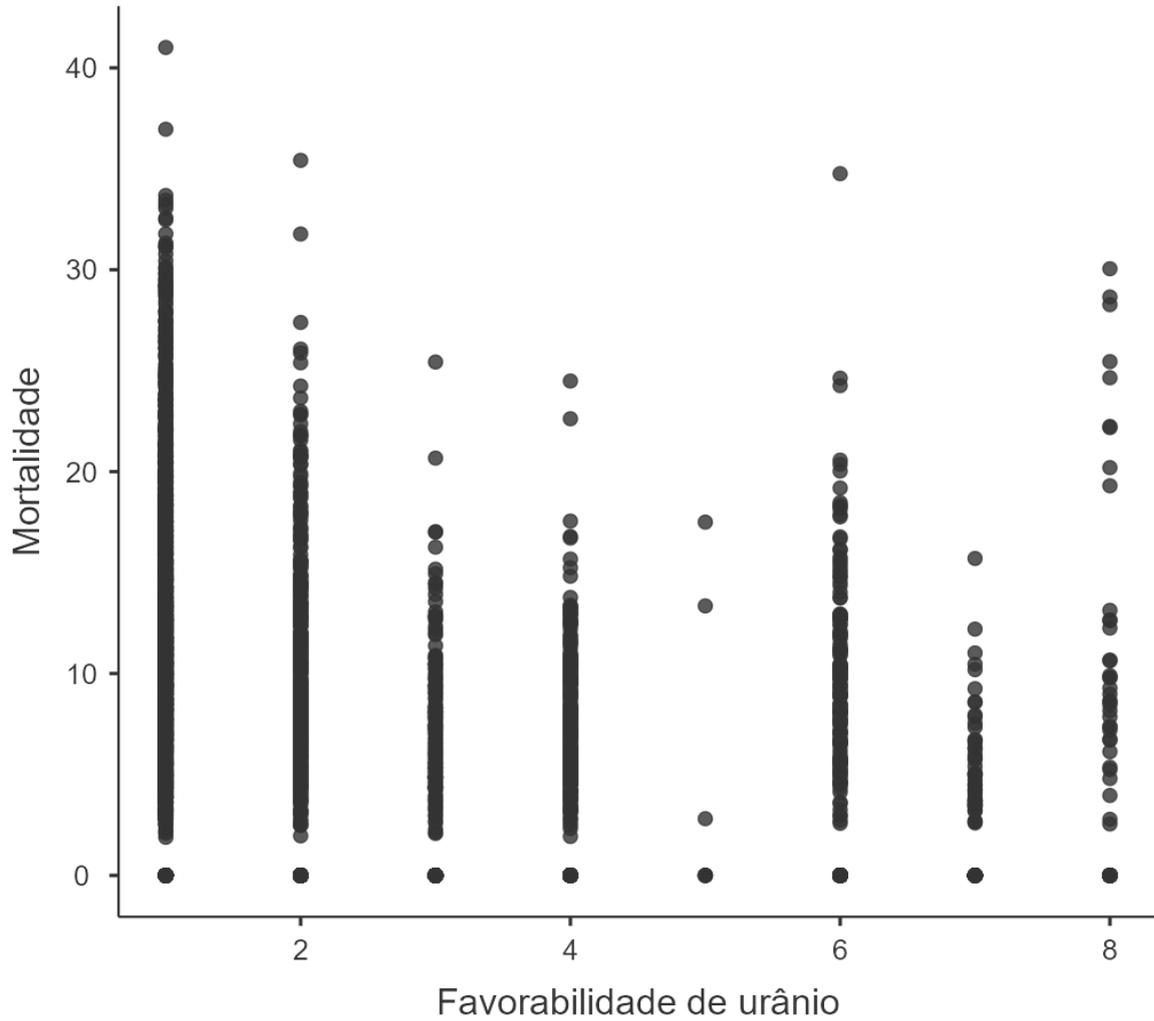
<b>Comparações</b>	<b>Teste estatístico</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Teste estatístico padronizado</b>	<b>Significância estatística</b>	<b>Significância estatística ajustada</b>
<b>4-6</b>	<b>80.657,500</b>	<b>2.958,033</b>	<b>2,714</b>	<b>0,997</b>	<b>1,000</b>
<b>6-8</b>	<b>9.293,500</b>	<b>680,281</b>	<b>0,365</b>	<b>0,643</b>	<b>1,000</b>
<b>7-8</b>	<b>3.131,000</b>	<b>246,277</b>	<b>1,831</b>	<b>0,966</b>	<b>1,000</b>
<b>5-6</b>	<b>1.025,000</b>	<b>199,158</b>	<b>0,402</b>	<b>0,656</b>	<b>1,000</b>
<b>7-4</b>	<b>20.234,500</b>	<b>1.406,650</b>	<b>-0,914</b>	<b>0,180</b>	<b>1,000</b>
<b>5-2</b>	<b>1.719,000</b>	<b>473,829</b>	<b>-1,004</b>	<b>0,158</b>	<b>1,000</b>
<b>8-2</b>	<b>18.854,500</b>	<b>1.531,162</b>	<b>-1,404</b>	<b>0,080</b>	<b>1,000</b>

Legenda: O teste estatístico padronizado é uma transformação do teste estatístico em um escore-z. Bem como, o sinal presente naquele determina se há um padrão ordenado progressivo (positivo) ou regressivo (negativo) entre as medianas das classificações da favorabilidade de urânio comparadas. Como também, as linhas com a última coluna em fundo laranja demonstram diferenças estatisticamente significativas.

Fonte: O autor (2022).

Além do mais, a partir dos resultados previamente obtidos, objetivou-se entender melhor o relacionamento entre as variáveis discutidas (FIELD, 2020). Com isso, inicialmente, desenvolveu-se um diagrama de dispersão entre elas (Gráfico 12), o qual trouxe a impressão de que com o aumento da classificação da favorabilidade de urânio houve uma redução da mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020. Desse modo, em seguida, desempenhou-se uma análise de correlação entre as mesmas, por meio do coeficiente de correlação de Spearman (Tabela 9), o qual afirmou que a favorabilidade de urânio e os óbitos por neoplasia pulmonar nas cidades brasileiras no período de 2010-2020 covariam de forma inversamente proporcional e estatisticamente significativa; e calculou um tamanho de efeito entre pequeno e médio.

Gráfico 12 - Diagrama de dispersão entre a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020



Legenda: A mortalidade por câncer de pulmão está expressa em taxa de óbitos por esta neoplasia, para ambos os sexos, todas as idades, a cada 100.000 habitantes e ajustada para a população brasileira de 2010.

Fonte: O autor (2022).

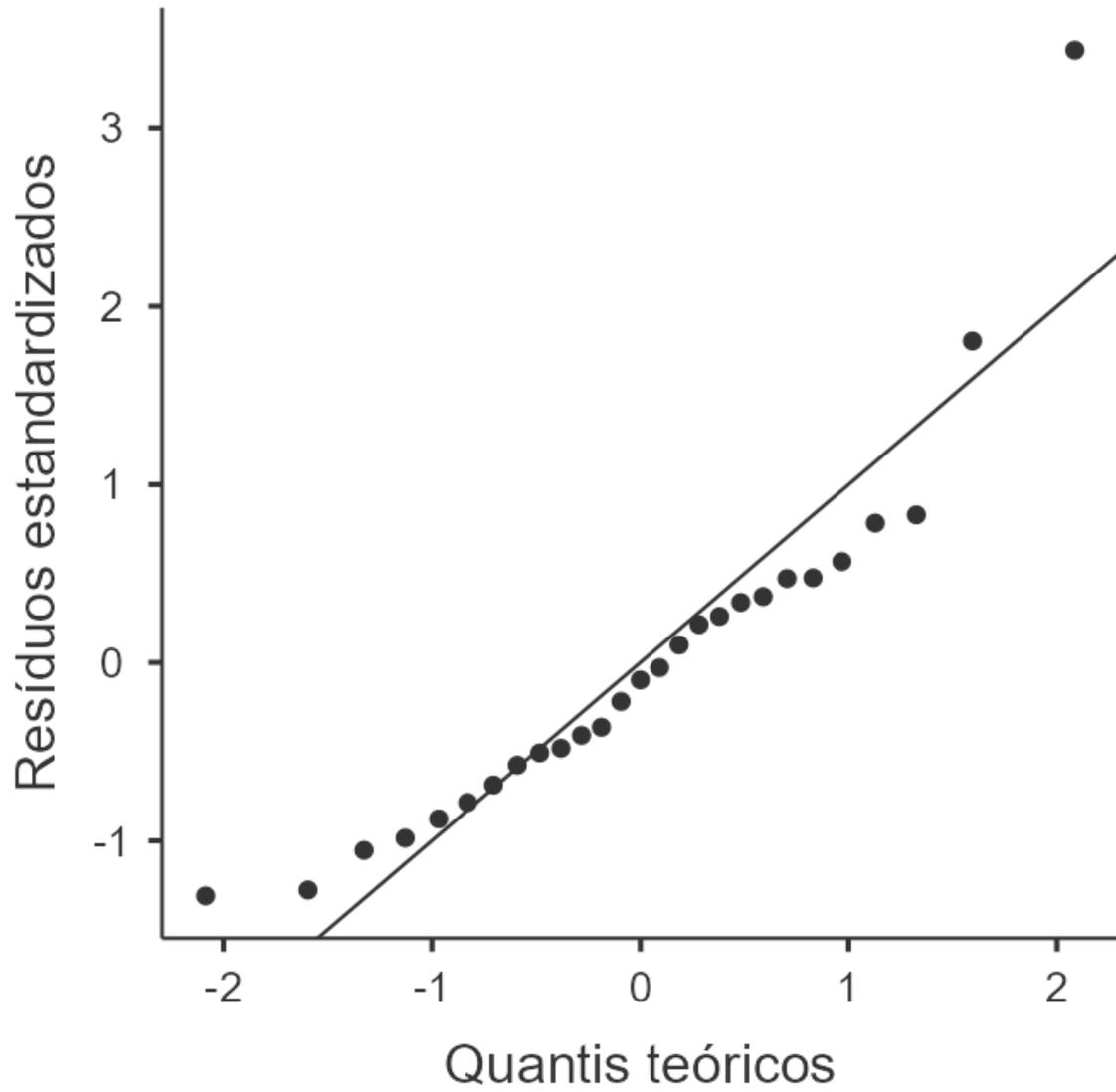
Tabela 9 - Coeficiente de correlação de Spearman entre a favorabilidade de urânio e a mortalidade por câncer de pulmão nos municípios brasileiros no período de 2010-2020

<b>Variáveis</b>		<b>Mortalidade por câncer de pulmão</b>	<b>Favorabilidade de urânio</b>
<b>Mortalidade por câncer de pulmão</b>	<b>Rho de Spearman</b>	—	
	<b>p-valor</b>	—	
<b>Favorabilidade de urânio</b>	<b>Rho de Spearman</b>	<b>-0,203</b>	—
	<b>p-valor</b>	<b>&lt;,001</b>	—

Fonte: O autor (2022).

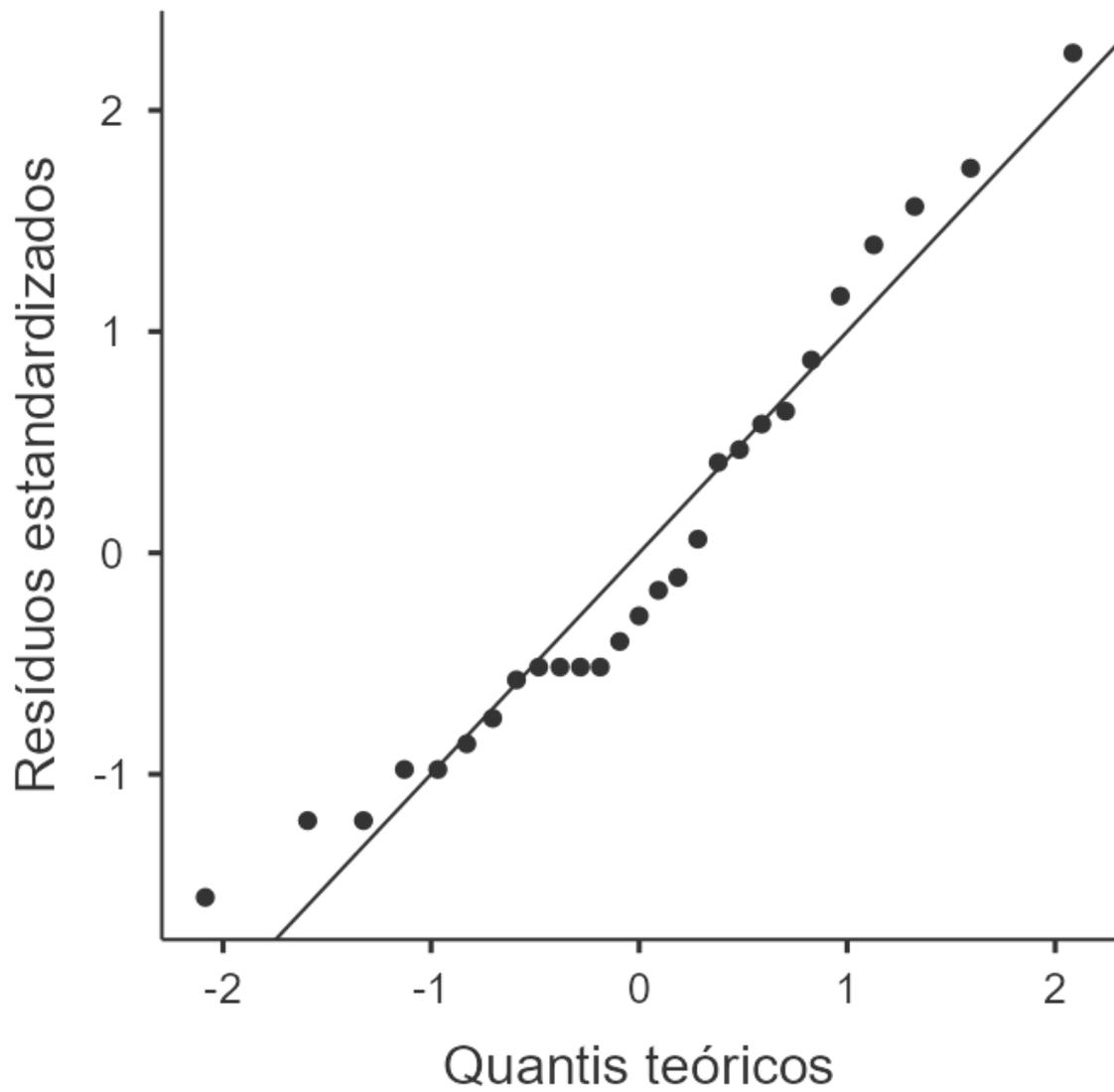
Outrossim, para adquirir um comparativo a esta relação precedente, esmiuçou-se a correlação entre os tipos de exposição ao tabaco e a mortalidade por câncer de pulmão ao nível dos 27 estados brasileiros (26 estados e o distrito federal) no ano de 2019 e no período de 2010-2020, respectivamente. Portanto, posteriormente à conversão dos dados, por meio do alcance da medida de tendência central para os óbitos por neoplasia pulmonar nas unidades da federação no período de 2010-2020, estes foram novamente aferidos quanto a sua distribuição mediante a produção de um diagrama Q-Q (Gráfico 13) e o delineamento do teste de Shapiro-Wilk (Tabela 10), assim como, para os dados de tabagismo (Gráfico 14), ex-tabagismo (Gráfico 15) e tabagismo passivo (Gráfico 16). Por conseguinte, para aquele, evidenciou-se que o arranjo continuava anormal, em vista que não perseguiu a diagonal exposta e o valor “p” do teste ter sido menor do que 0,05; e para esses, salientou-se uma discordância na distribuição, uma vez que serpentearam a diagonal plotada e os valores “p” dos testes terem sido maiores do que 0,05. Com isso, seu arranjo também foi considerado anormal. Isto posto, para resumo desses números e melhor compreensão, efetuou-se a estatística descritiva (Tabela 10) e, para melhor visualização, fabricou-se gráficos de boxplot com a característica de violino para cada uma dessas variáveis (Gráficos de 17 a 20).

Gráfico 13 - Diagrama Q-Q para a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no período de 2010-2020



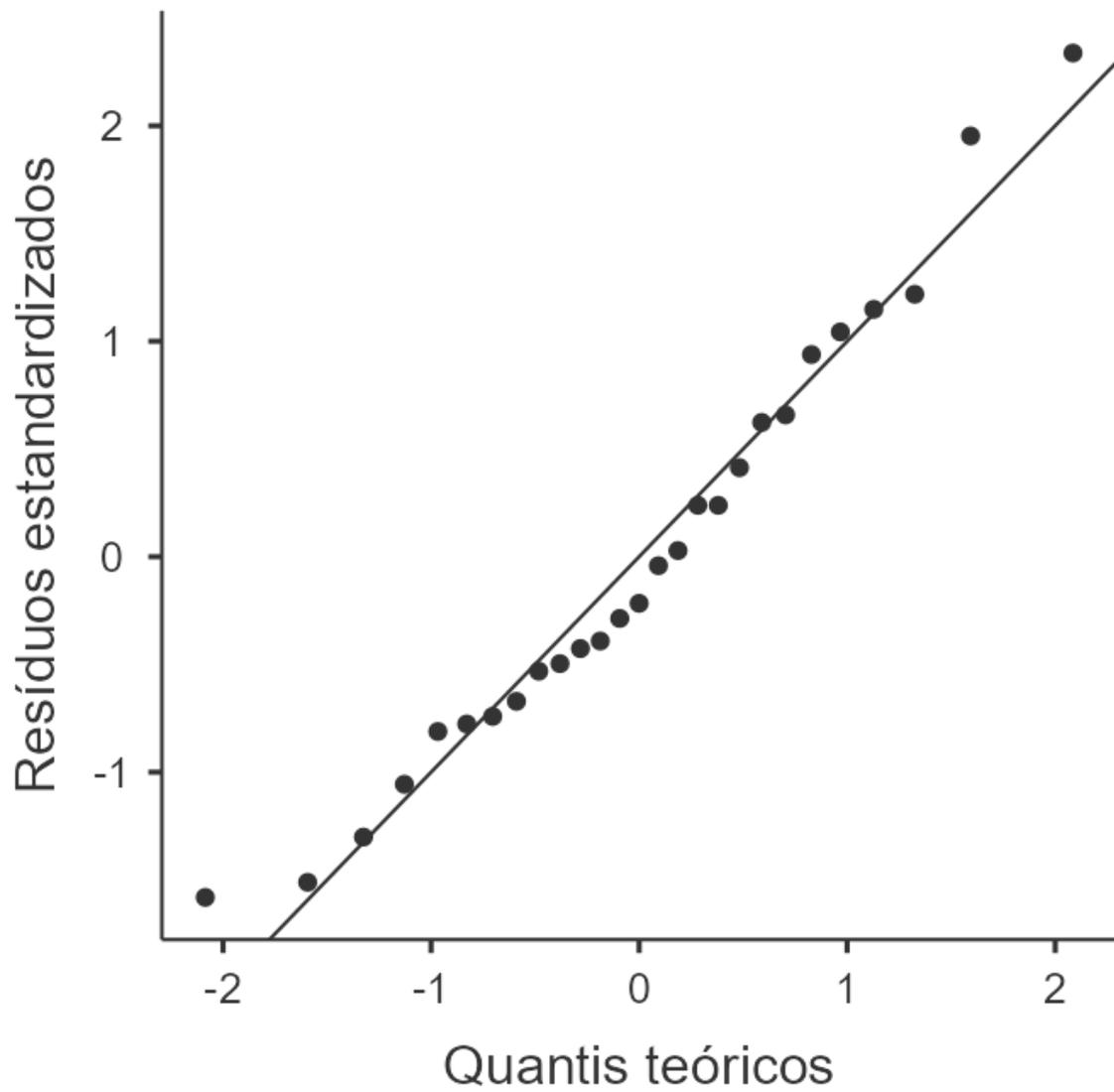
Fonte: O autor (2022).

Gráfico 14 - Diagrama Q-Q para o tabagismo nos estados brasileiros em 2019



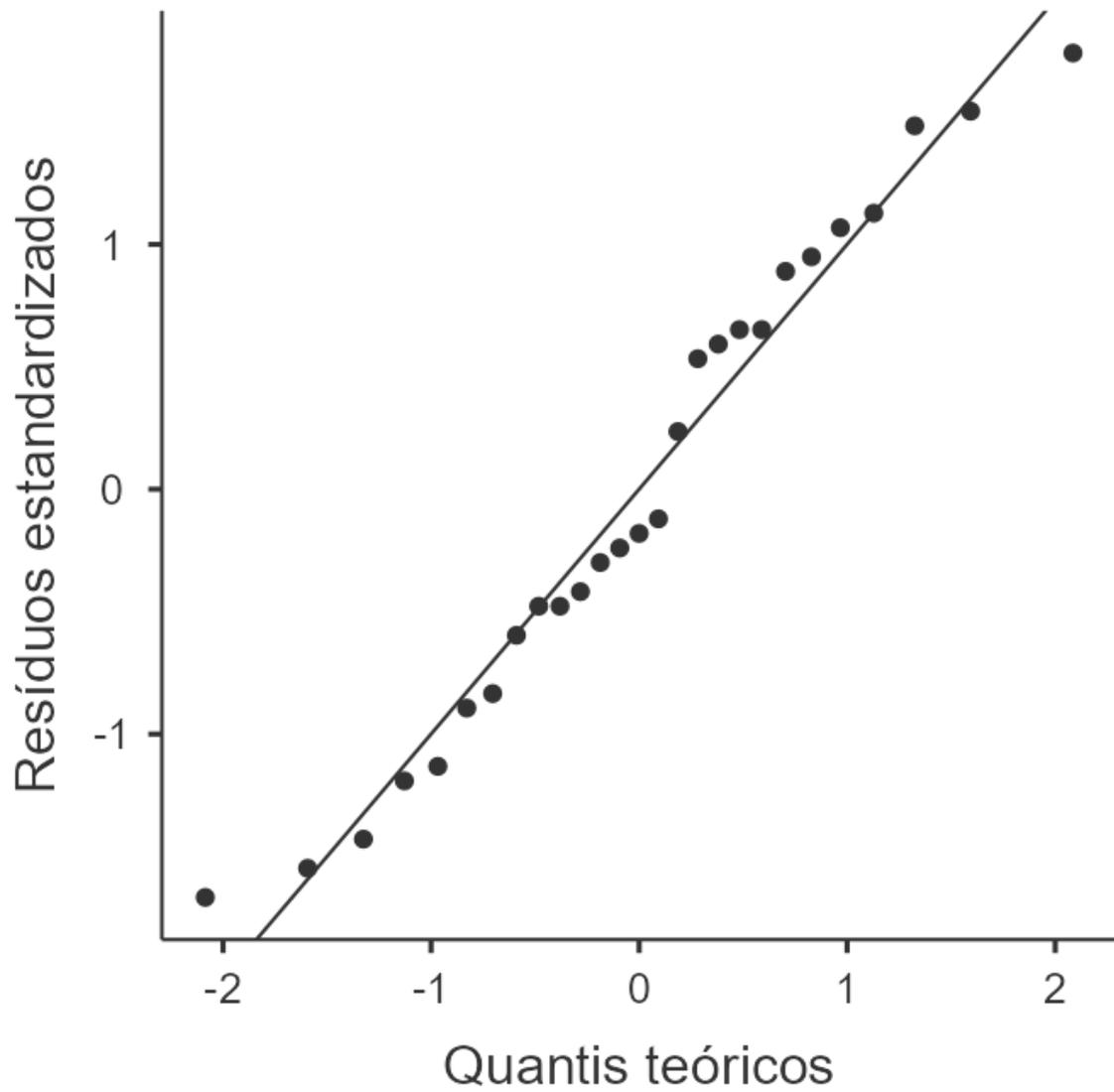
Fonte: O autor (2022).

Gráfico 15 - Diagrama Q-Q para o ex-tabagismo nos estados brasileiros em 2019



Fonte: O autor (2022).

Gráfico 16 - Diagrama Q-Q para o tabagismo passivo nos estados brasileiros em 2019



Fonte: O autor (2022).

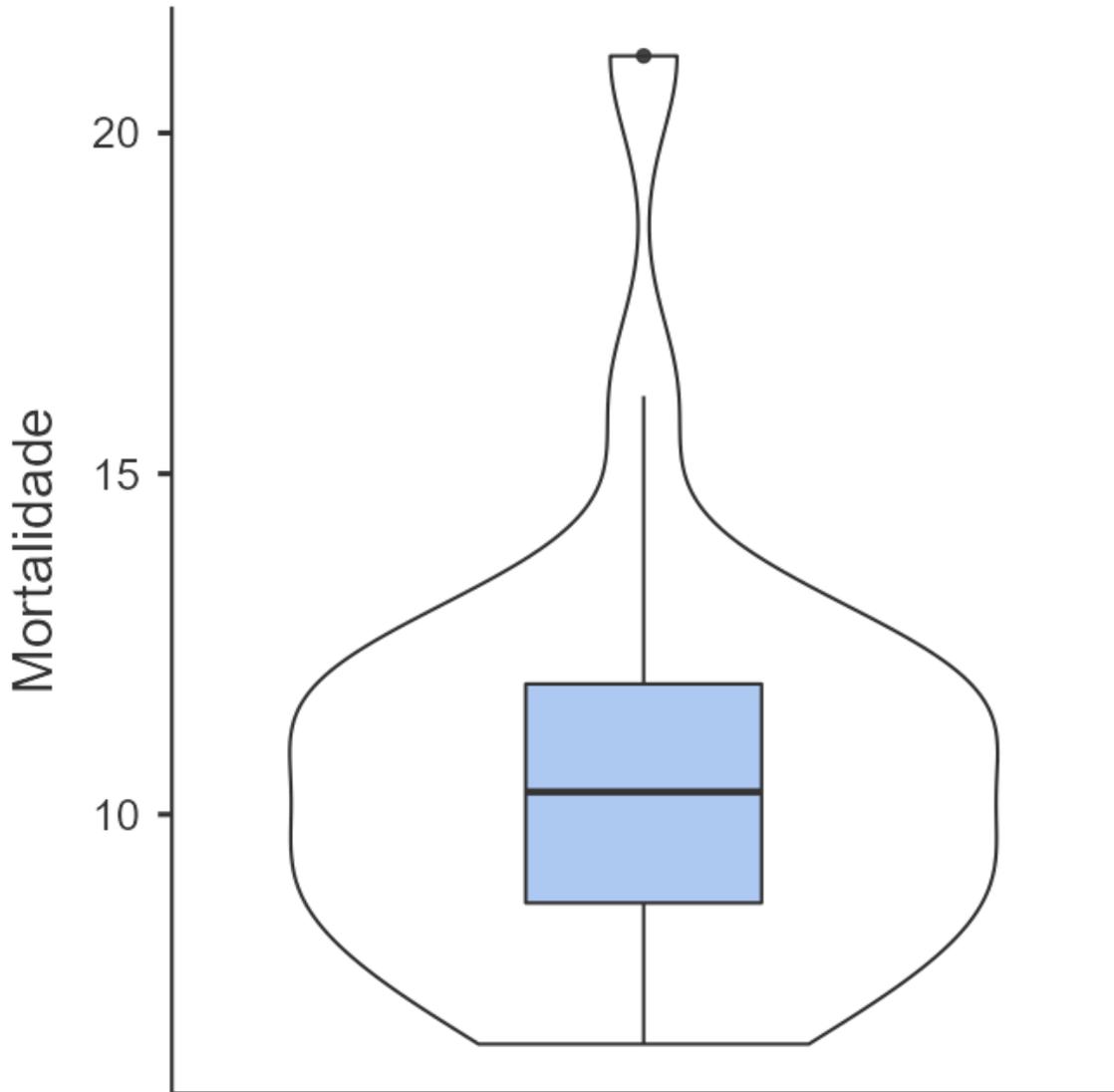
Tabela 10 - Estatística descritiva da mortalidade por câncer de pulmão e dos tipos de exposição ao tabaco nos estados brasileiros no período de 2010-2020 e no ano de 2019, respectivamente

	N	Mediana	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk		Percentis		
					W	p	25th	50th	75th
<b>Mortalidade por câncer de pulmão</b>	27	10,3	6,63	21,1	0,875	0,004	8,70	10,3	11,9
<b>Tabagismo</b>	27	11.400	9.200	15.800	0,948	0,188	10.750	11.400	12.950
<b>Ex-tabagismo</b>	27	24.300	20.400	31.600	0,967	0,532	22.900	24.300	26.750
<b>Tabagismo passivo</b>	27	8.900	6.400	12.200	0,964	0,444	8.000	8.900	10.500

Legenda: A mortalidade por câncer de pulmão está expressa em taxa de óbitos por esta neoplasia, para ambos os sexos, todas as idades, a cada 100.000 habitantes e ajustada para a população brasileira de 2010. Bem como, os tipos de exposição ao tabaco estão relatados em taxa de expostos a cada 100.000 habitantes.

Fonte: O autor (2022).

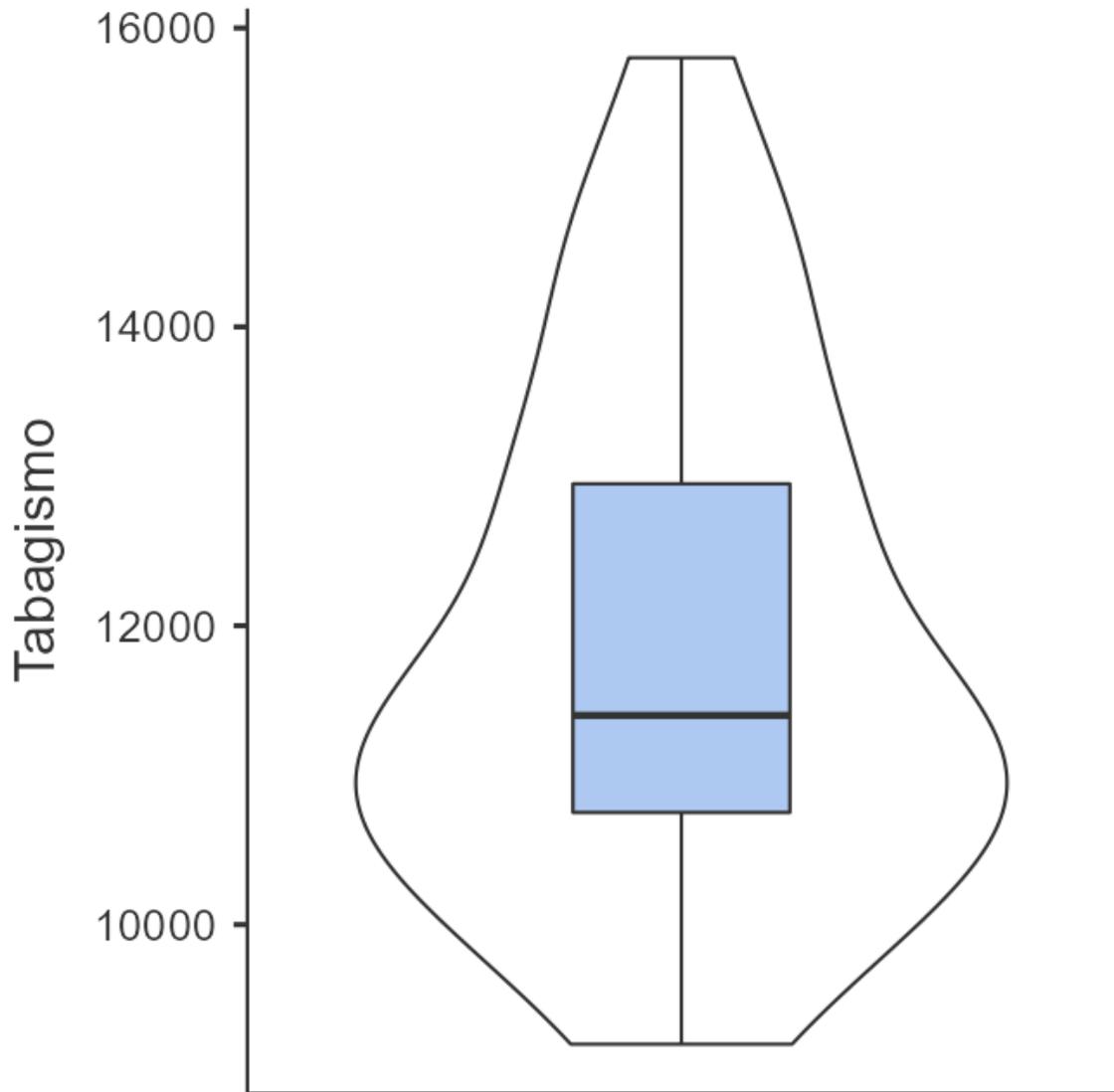
Gráfico 17 - Gráfico de boxplot com característica de violino para a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no período de 2010-2020



Legenda: A mortalidade por câncer de pulmão está expressa em taxa de óbitos por esta neoplasia, para ambos os sexos, todas as idades, a cada 100.000 habitantes e ajustada para a população brasileira de 2010.

Fonte: O autor (2022).

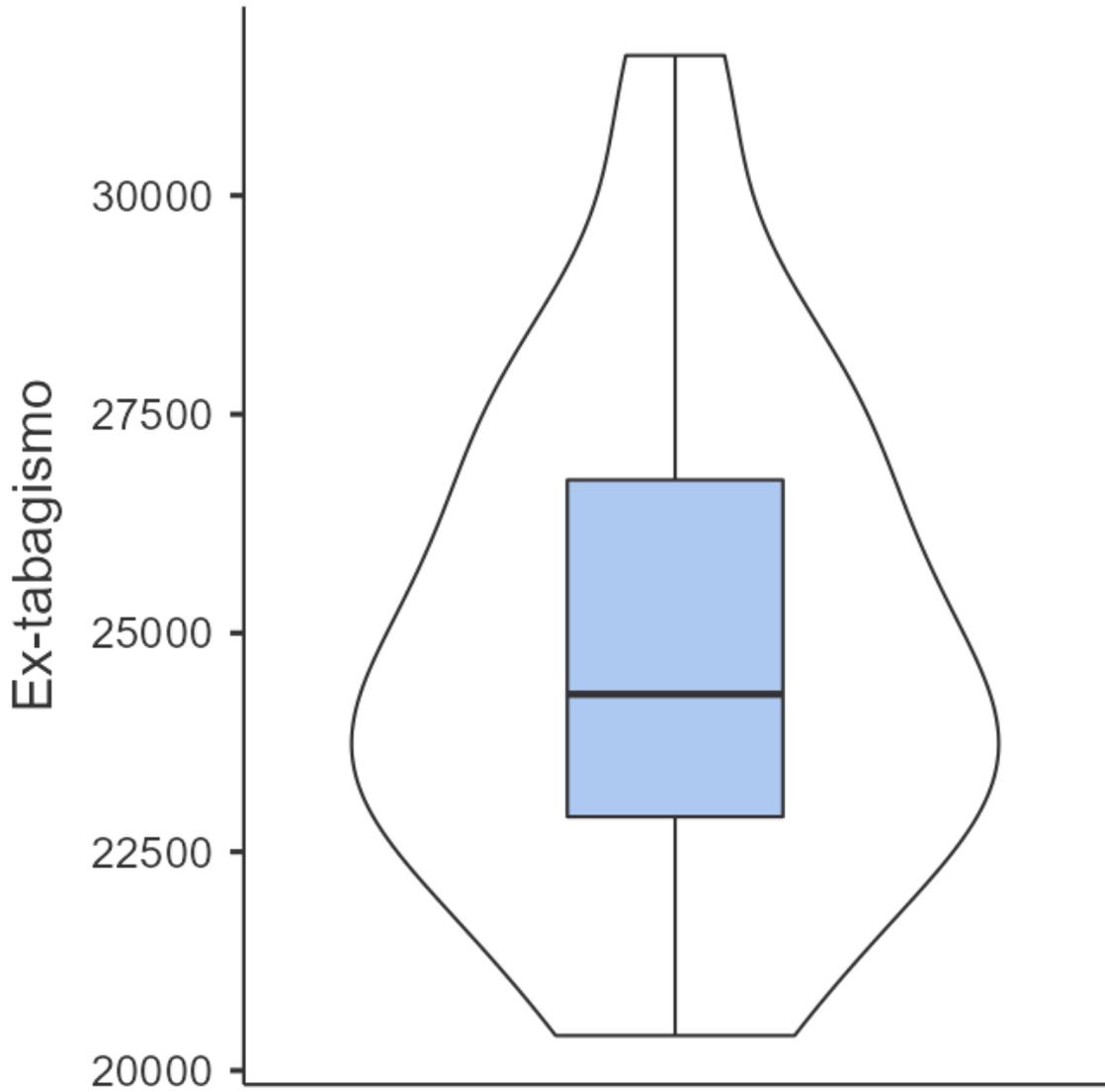
Gráfico 18 - Gráfico de boxplot com característica de violino para o tabagismo nos estados brasileiros em 2019



Legenda: Os tipos de exposição ao tabaco estão relatados em taxa de expostos a cada 100.000 habitantes.

Fonte: O autor (2022).

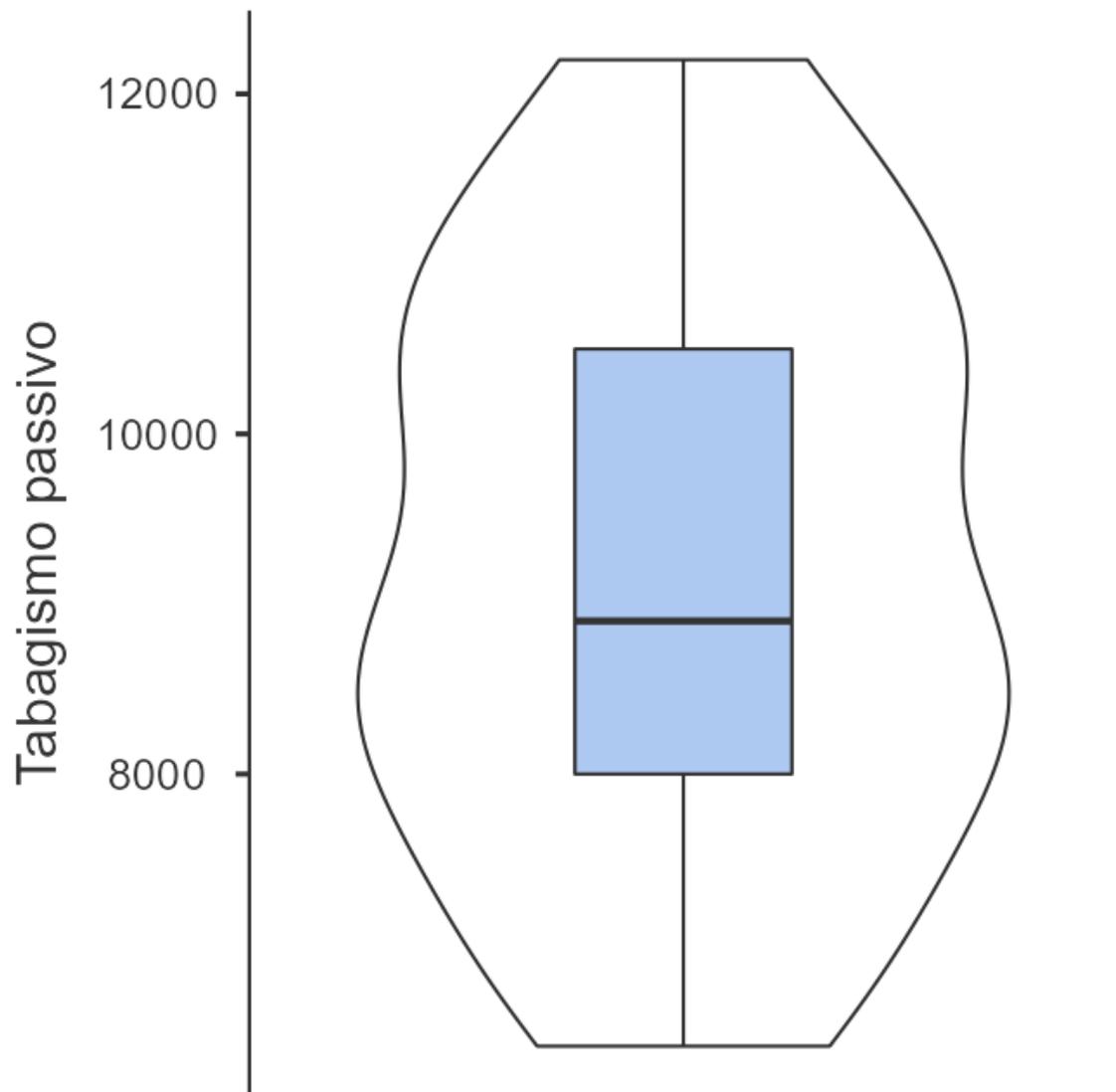
Gráfico 19 - Gráfico de boxplot com característica de violino para o ex-tabagismo nos estados brasileiros em 2019



Legenda: Os tipos de exposição ao tabaco estão relatados em taxa de expostos a cada 100.000 habitantes.

Fonte: O autor (2022).

Gráfico 20 - Gráfico de boxplot com característica de violino para o tabagismo passivo nos estados brasileiros em 2019

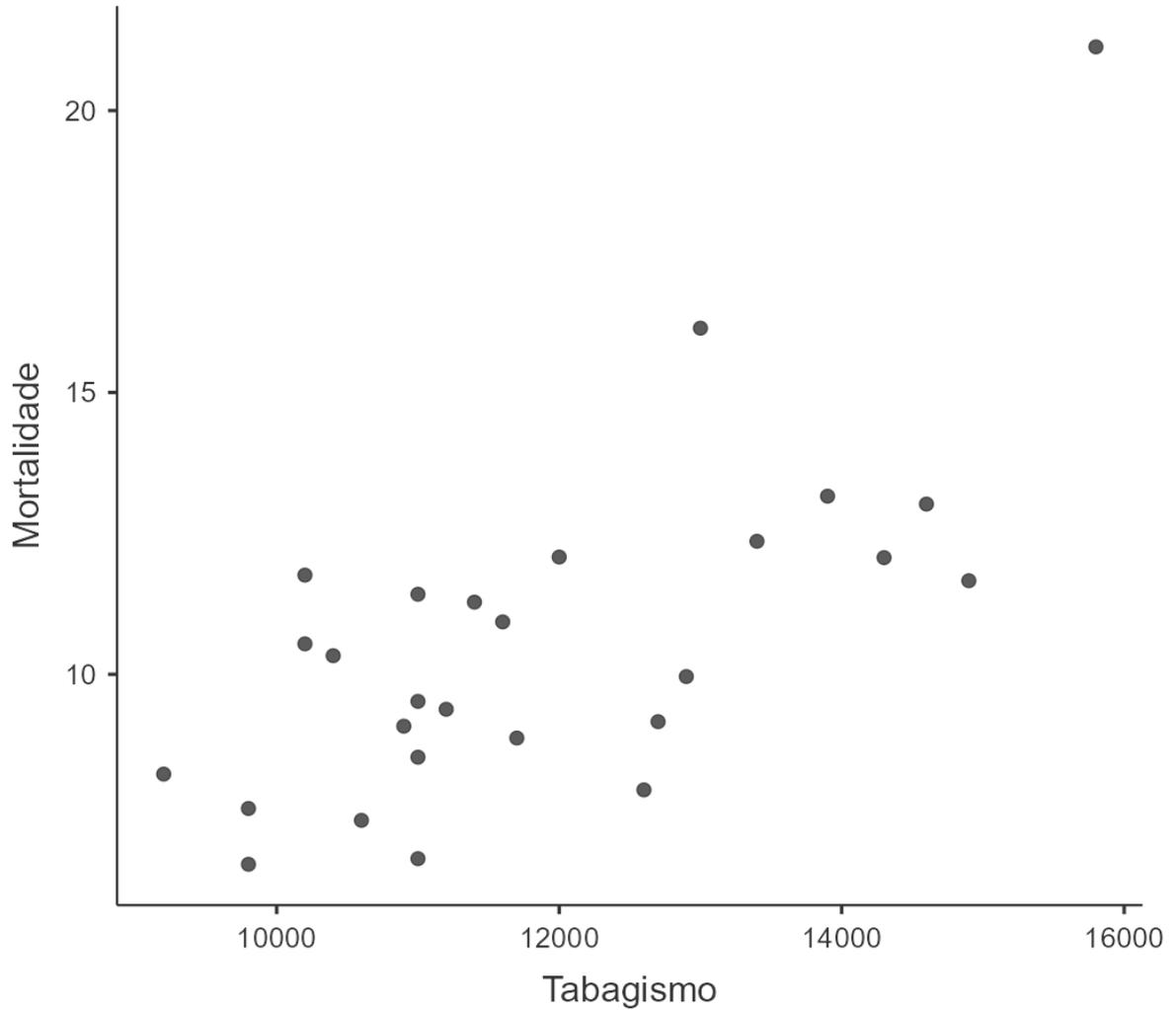


Legenda: Os tipos de exposição ao tabaco estão relatados em taxa de expostos a cada 100.000 habitantes.

Fonte: O autor (2022).

Nesse sentido, para seguimento com o objetivo e melhor apreciação dos relacionamentos entre as variáveis, criou-se diagramas de dispersão para cada tipo de exposição ao tabaco e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e no período de 2010-2020, nesta ordem. Em vista disso, o gráfico 21 demonstrou que com o aumento na taxa de tabagismo houve um incremento nos óbitos por neoplasia pulmonar; o gráfico 22 ilustrou que com o acréscimo na taxa de ex-tabagismo existiu uma leve diminuição na mortalidade por câncer de pulmão; e o gráfico 23 explicitou que com a progressão na taxa de tabagismo passivo sucedeu-se uma pequena redução nos óbitos por neoplasia pulmonar nas unidades da federação no ano de 2019 e no período de 2010-2020, na devida ordenação.

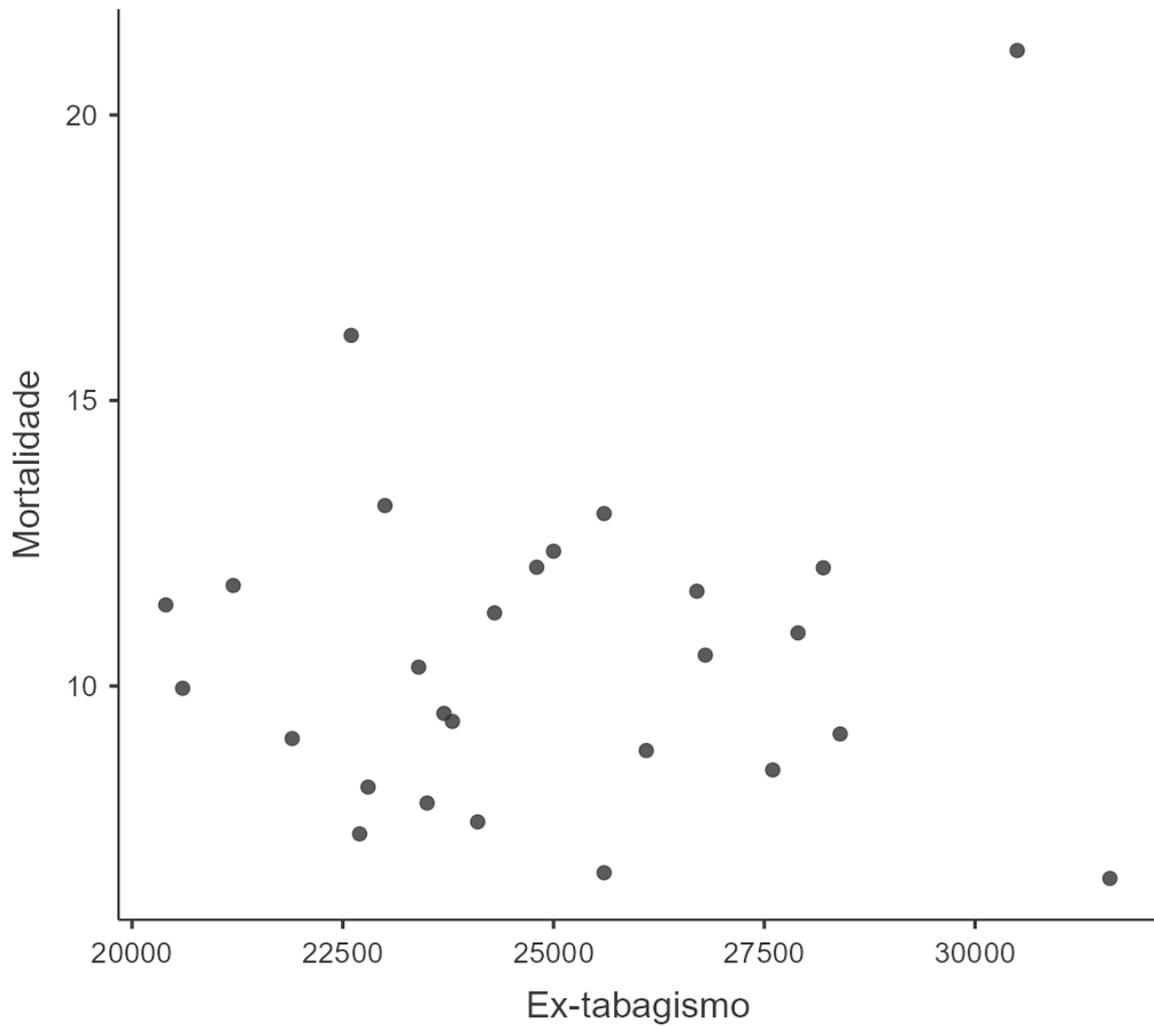
Gráfico 21 - Diagrama de dispersão entre o tabagismo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e período de 2010-2020, respectivamente



Legenda: A mortalidade por câncer de pulmão está expressa em taxa de óbitos por esta neoplasia, para ambos os sexos, todas as idades, a cada 100.000 habitantes e ajustada para a população brasileira de 2010. Bem como, os tipos de exposição ao tabaco estão relatados em taxa de expostos a cada 100.000 habitantes.

Fonte: O autor (2022).

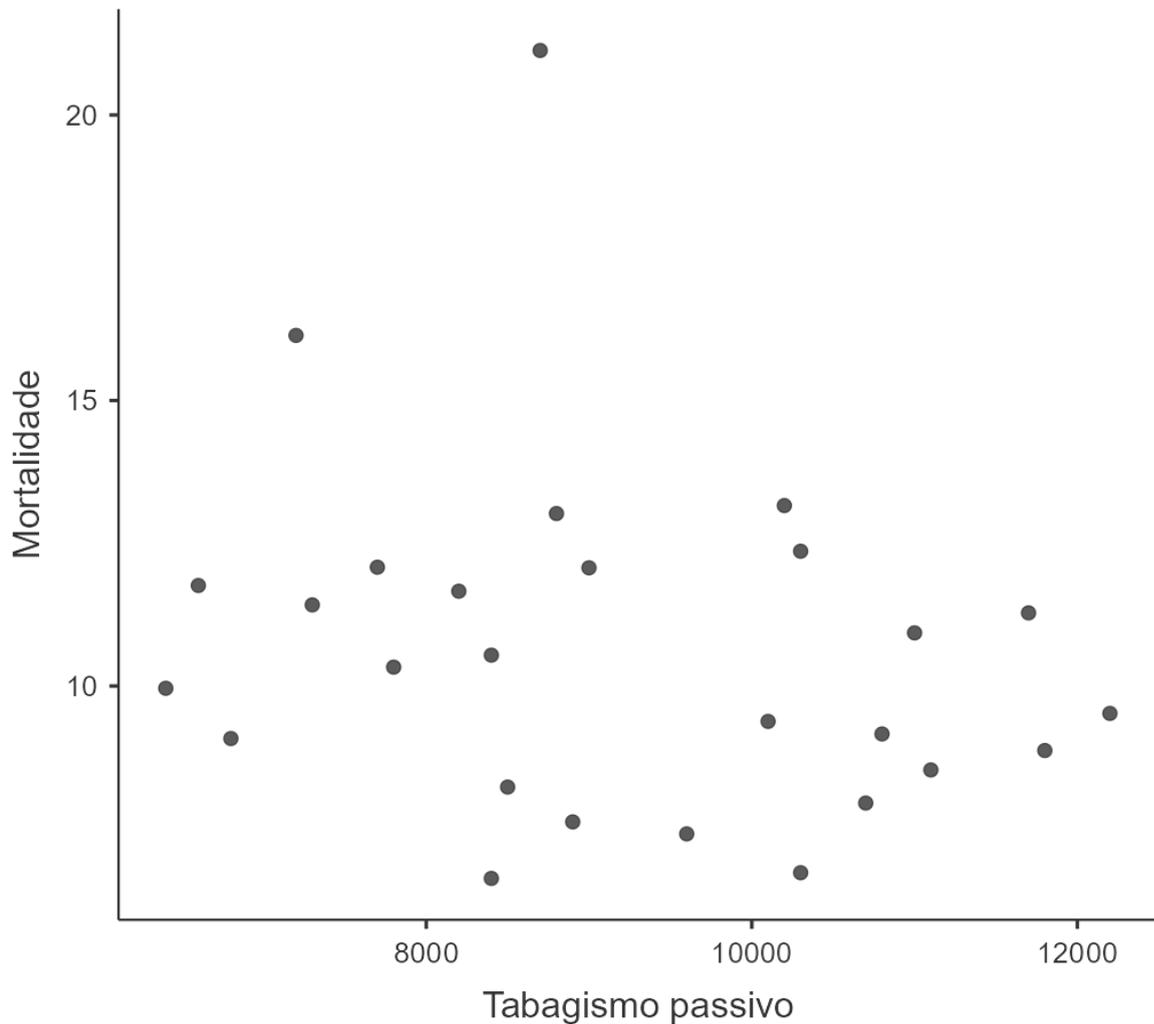
Gráfico 22 - Diagrama de dispersão entre o ex-tabagismo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e período de 2010-2020, respectivamente



Legenda: A mortalidade por câncer de pulmão está expressa em taxa de óbitos por esta neoplasia, para ambos os sexos, todas as idades, a cada 100.000 habitantes e ajustada para a população brasileira de 2010. Bem como, os tipos de exposição ao tabaco estão relatados em taxa de expostos a cada 100.000 habitantes.

Fonte: O autor (2022).

Gráfico 23 - Diagrama de dispersão entre o tabagismo passivo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e período de 2010-2020, respectivamente



Legenda: A mortalidade por câncer de pulmão está expressa em taxa de óbitos por esta neoplasia, para ambos os sexos, todas as idades, a cada 100.000 habitantes e ajustada para a população brasileira de 2010. Bem como, os tipos de exposição ao tabaco estão relatados em taxa de expostos a cada 100.000 habitantes.

Fonte: O autor (2022).

Nesse contexto, operou-se o coeficiente de correlação de Spearman para alcançar as correlações entre as variáveis acima relacionadas. Dessa maneira, com os dados contidos na tabela 11, assegurou-se que o tabagismo e a mortalidade por câncer de pulmão covariam de modo diretamente proporcional e estatisticamente significativo; e estimou-se um dimensão de efeito grande. Na tabela 12, informou-se que o de ex-tabagismo e os óbitos por neoplasia pulmonar covariam de forma inversamente proporcional e não estatisticamente significativa; e avaliou-se uma grandeza de efeito quase inexistente. E, por fim, na tabela 13, declarou-se que

o de tabagismo passivo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e no período de 2010-2020, respectivamente, covariam de maneira inversamente proporcional e não estatisticamente significativa; e computou-se uma extensão de efeito entre pequena e média.

Tabela 11 - Coeficiente de correlação de Spearman entre o tabagismo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e período de 2010-2020, respectivamente

		<b>Mortalidade por câncer de pulmão</b>	<b>Tabagismo</b>
<b>Mortalidade por câncer de pulmão</b>	<b>Rho de Spearman</b>	—	
	<b>p-valor</b>	—	
<b>Tabagismo</b>	<b>Rho de Spearman</b>	<b>0,665</b>	—
	<b>p-valor</b>	<b>&lt;,001</b>	—

Fonte: O autor (2022).

Tabela 12 - Coeficiente de correlação de Spearman entre o ex-tabagismo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e período de 2010-2020, respectivamente

		Mortalidade por câncer de pulmão	Ex-tabagismo
<b>Mortalidade por câncer de pulmão</b>	<b>Rho de Spearman</b>	—	
	<b>p-valor</b>	—	
<b>Ex-tabagismo</b>	<b>Rho de Spearman</b>	<b>-0,016</b>	—
	<b>p-valor</b>	<b>0,935</b>	—

Fonte: O autor (2022).

Tabela 13 - Coeficiente de correlação de Spearman entre o tabagismo passivo e a mortalidade por câncer de pulmão nos estados brasileiros no ano de 2019 e período de 2010-2020, respectivamente

		Mortalidade por câncer de pulmão	Tabagismo passivo
<b>Mortalidade por câncer de pulmão</b>	<b>Rho de Spearman</b>	—	
	<b>p-valor</b>	—	
<b>Tabagismo passivo</b>	<b>Rho de Spearman</b>	<b>-0,257</b>	—
	<b>p-valor</b>	<b>0,196</b>	—

Fonte: O autor (2022).

#### 4. DISCUSSÃO

Posto isso, sumariza-se os resultados com maior notabilidade nos propósitos do estudo através dos desfechos do teste de Kruskal-Wallis, do teste de Jonckheere-Terpstra e dos coeficientes de correlação de Spearman entre a favorabilidade de urânio e os óbitos pela neoplasia pulmonar nos municípios brasileiros no período de 2010-2020; e entre o tabagismo e a mortalidade por câncer de pulmão nas unidades da federação no ano de 2019 e no período de 2010-2020, nesta ordem (as correlações dos outros tipos de exposição ao tabaco não foram utilizadas como ferramenta comparativa por não alcançarem a significância estatística). Com isso, entende-se que a favorabilidade de urânio, de acordo com sua classificação e de forma estatisticamente significativa, estiveram associadas a diferentes mortalidades por câncer de pulmão nas cidades brasileiras no período de 2010-2020, conforme uma ordem de magnitude descendente, covariando de modo inversamente proporcional e com uma dimensão de efeito entre pequena e média, algo em torno de um terço do calculado para o tabagismo.

Nessa perspectiva, os resultados, com exceção do último, foram inusitadamente antagônicos aos aguardados, haja vista que na relação que há com a neoplasia pulmonar, transcorre-se a conexão entre o urânio e o radônio, proferida em Darby *et al.* (2005),

European Commission (2004), Lino *et al.* (2015), Missimer *et al.* (2019) e WHO (2021); apesar não tão simples como aparenta. Dessa forma, no contexto das evidências mais contíguas disponíveis, em sua maioria dedicadas em última análise ao gás, sobrevém-se desfechos adversos ao atingido neste trabalho, apresentados em American Cancer Society (2022), Darby *et al.* (2005), European Commission (2004), Lino *et al.* (2015), Lorenzo-González *et al.* (2019a), NCCN (2022), Riudavets *et al.* (2022), Torres-Durán *et al.* (2014), EPA (2022b) e WHO (2016 e 2021).

Nesse sentido, possíveis esclarecimentos para esta controvérsia podem estar presentes na própria associação entre o elemento mineral e o radônio, uma vez que nem todos os fatores participantes desta interação foram avaliados (AMERICAN CANCER SOCIETY, 2015; HANEBERG *et al.*, 2020; LI *et al.*, 2020; LORENZO-GONZÁLEZ *et al.*, 2019b; e PETERMANN; BOSSEW, 2021). Consequentemente, ao se apreciar apenas o último elo desta corrente, o gás, extravia-se a contribuição individual de cada variável, que ao serem somadas, decorrem-se os efeitos relatados previamente.

Isso posto, este estudo ergue-se como instrumento novo nesse ambiente de evidências, ainda escasso no cenário nacional; em vista que não foi encontrado trabalho similar investigando as duas variáveis diretamente; principalmente quando se considera a abrangência nacional do mesmo, possuindo dimensões continentais, ao nível de 5.582 municípios. Além disso, por consequência de seu delineamento, demarcam-se áreas mais afligidas proporcionalmente pela mortalidade por câncer de pulmão.

Ademais, há também que se explicar a respeito de alguns limitantes para o estudo e do trabalho. Dentre os aqueles, pode-se citar: a ausência de medições de radônio intradomiciliar nas cidades e estados brasileiros; a impossibilidade de considerar os outros fatores contribuidores envolvidos na relação entre o urânio e o gás pela escassez de dados; a insuficiência de informações, ao nível dos municípios brasileiros, sobre outros fatores de risco que poderiam ser considerados como covariáveis; e, de modo menos acentuado, a falta de números mais recentes quanto aos óbitos por neoplasia pulmonar. Além do mais, para esses, tem-se: a dependência de dados secundários, os quais podem não ser notificados por todos os responsáveis para os sistemas de informação, bem como, comunicados de maneira incorreta; a falácia ecológico, viés comum ao interpretar desfechos de estudos ecológicos, individualizando resultados calculados para populações; e a inferência de causalidade às

associações encontradas, erro frequente em trabalhos que utilizam a abordagem transversal, os quais não possibilitam esta conclusão.

Por conseguinte, o presente estudo poderá influenciar outros, implicando tanto em trabalhos futuros, quanto na prática clínica e em políticas públicas. Logo, estimula o conhecimento no que concerne o radônio; encoraja estudos *in loco* com possibilidade de abrangência de mais variáveis envolvidas, como em Ramos (2020); desperta a necessidade de se reconhecer as concentrações intradomiciliares deste gás no Brasil e, em consequência, possibilitar a construção do mapa de zonas de radônio brasileiro, a exemplo de EPA (2022a); fomenta busca de fatores particulares nos casos de câncer de pulmão nas áreas com associação mais impactante, tendo em vista Riudavets *et al.* (2022); e incentiva políticas públicas mais eficientes no combate à neoplasia pulmonar, ao direcioná-las para áreas mais suscetíveis proporcionalmente a esta patologia, consoante com Radon Leaders (2022).

## 5. CONCLUSÃO

Dessarte, pode-se concluir que a favorabilidade de urânio, de acordo com sua classificação e de forma estatisticamente significativa, esteve associada a diferentes mortalidades por câncer de pulmão nas cidades brasileiras no período de 2010-2020, em concordância com uma ordem de magnitude descendente, covariando de modo inversamente proporcional e com uma grandeza de efeito entre pequena e média, aproximadamente um terço do estimado para o tabagismo. Outrossim, as correlações dos outros tipos de exposição ao tabaco não foram utilizadas como ferramentas comparativas por não alcançarem a significância estatística.

## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

AMERICAN CANCER SOCIETY (United States Of America) (org.). **Lung Cancer Risk Factors**. 2019. Disponível em: [https://www.cancer.org/cancer/lung-cancer/causes-risks-prevention/risk-factors.html#written\\_by](https://www.cancer.org/cancer/lung-cancer/causes-risks-prevention/risk-factors.html#written_by). Acesso em: 20 out. 2022.

AMERICAN CANCER SOCIETY (United States Of America) (org.). **Radon and Cancer**. 2015. Disponível em: <https://www.cancer.org/healthy/cancer-causes/radiation-exposure/radon.html>. Acesso em: 21 out. 2022.

BELETE, Guadie Degu; ANTENEH, Yetsedaw Alemu. General Overview of Radon Studies in Health Hazard Perspectives. **Journal Of Oncology**, London, v. 2021, p. 1-7, 31 jul. 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8352703/>. Acesso em: 21 out. 2022.

CHEN, Jing. Risk Assessment for Radon Exposure in Various Indoor Environments. **Radiation Protection Dosimetry**, Oxford, v. 185, n. 2, p. 143-150, 9 jan. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6926919/>. Acesso em: 21 out. 2022.

CHIAVACCI, Scott J. *et al.* Economic valuation of health benefits from using geologic data to communicate radon risk potential. **Environmental Health**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 1-9, 20 mar. 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7083012/>. Acesso em: 24 out. 2022.

DARBY, S *et al.* Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 european case-control studies. **British Medical Journal**, United Kingdom, v. 330, n. 7485, p. 1-6, 29 jan. 2005. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC546066/>. Acesso em: 21 out. 2022.

EUROPEAN COMMISSION (Brussels) (org.). **Radon gas in homes increases lung cancer risk**. 2004. Disponível em: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_04\\_1539](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_04_1539). Acesso em: 20 out. 2022.

FIELD, Andy. **Descobrimo a estatística usando o SPSS**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2020. 1058 p.

GIUSTINI, Francesca *et al.* Radon Hazard in Central Italy: comparison among areas with different geogenic radon potential. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, Switzerland, v. 19, n. 2, p. 1-23, 7 jan. 2022. Anual. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8776171/>. Acesso em: 21 out. 2022.

GLOBAL BURDEN OF DISEASE (United States of America). University Of Washington (comp.). **Global Burden of Disease Results**. 2019. Institute for Health Metrics and Evaluation. Disponível em: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>. Acesso em: 31 ago. 2022.

---

<sup>1</sup> De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NRB 6023)

GLOBAL CANCER OBSERVATORY (France). International Agency For Research On Cancer (comp.). **Cancer today**. 2020. Disponível em: <https://gco.iarc.fr/today/home>. Acesso em: 01 set. 2022.

GLOBAL CANCER OBSERVATORY (France). International Agency For Research On Cancer (comp.). **Cancer tomorrow**. 2020. Disponível em: <https://gco.iarc.fr/tomorrow/en>. Acesso em: 30 ago. 2022.

HANEBERG, William C. *et al.* A Geologically Based Indoor-Radon Potential Map of Kentucky. **Geohealth**, [S.L.], v. 4, n. 11, p. 1-13, 1 nov. 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7682569/>. Acesso em: 21 out. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil) (org.). **Mapas políticos dos estados**. 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-estaduais/15978-mapas-politicos-dos-estados.html?=&t=downloads>. Acesso em: 26 out. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil) (org.). **Pesquisa Nacional de Saúde: módulo de estilo de vida - tabagismo**. Módulo de estilo de vida - tabagismo. 2019. Disponível em: <https://www.pns.icict.fiocruz.br/painel-de-indicadores-mobile-desktop/>. Acesso em: 26 out. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil) (org.). **Atlas On-line de Mortalidade: tabulador**. Tabulador. 2022. Disponível em: <https://mortalidade.inca.gov.br/MortalidadeWeb/pages/Modelo10/consultar.xhtml>. Acesso em: 26 out. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil) (org.). **Como surge o câncer?** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/como-surge-o-cancer/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (Vienna) (org.). **Geological classification of uranium deposits and description of selected examples**. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2018. 428 p. Disponível em: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE1842\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE1842_web.pdf). Acesso em: 27 out. 2022.

LI, Cong *et al.* Residential Radon and Histological Types of Lung Cancer: a meta-analysis of case-control studies. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, Switzerland, v. 17, n. 4, p. 1-16, 24 fev. 2020. Anual. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7068370/>. Acesso em: 21 out. 2022.

LINO, Aline da Rocha *et al.* The role of the implementation of policies for the prevention of exposure to Radon in Brazil—a strategy for controlling the risk of developing lung cancer. **Ecancermedicalscience**, United Kingdom, v. 9, p. 1-9, 14 set. 2015. Disponível em: <https://ecancer.org/en/journal/article/572-the-role-of-the-implementation-of-policies-for-the-prevention-of-exposure-to-radon-in-brazil-a-strategy-for-controlling-the-risk-of-developing-lung-cancer>. Acesso em: 21 out. 2022.

LORENZO-GONZÁLEZ, María *et al.* Lung cancer and residential radon in never-smokers: a pooling study in the northwest of Spain. **Environmental Research**, [S.L.], v. 172, p. 713-718, 6 mar. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30903971/>. Acesso em: 24 out. 2022.

LORENZO-GONZÁLEZ, María *et al.* Lung cancer risk and residential radon exposure: a pooling of case-control studies in northwestern Spain. **Environmental Research**, [S.L.], v. 189, p. 1-5, 25 jul. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32736146/>. Acesso em: 24 out. 2022.

LORENZO-GONZÁLEZ, María *et al.* Radon exposure: a major cause of lung cancer. **Expert Review of Respiratory Medicine**, [S.L.], v. 13, n. 9, p. 839-850, 24 jul. 2019. Mensal. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17476348.2019.1645599>. Acesso em: 21 out. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil) (org.). **27/11: dia nacional de combate ao câncer. Dia Nacional de Combate ao Câncer.** Disponível em: <https://bvsm.s.saude.gov.br/27-11-dia-nacional-de-combate-ao-cancer/>. Acesso em: 30 ago. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil) (comp.). **Mortalidade - Brasil: óbitos por residência por ano do óbito segundo capítulo do CID-10 no período de 2010-2020. Óbitos por residência por ano do óbito segundo capítulo do CID-10 no período de 2010-2020.** Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/obt10uf.def>. Acesso em: 22 ago. 2022.

MISSIMER, Thomas M. *et al.* Natural Radiation in the Rocks, Soils, and Groundwater of Southern Florida with a Discussion on Potential Health Impacts. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, Switzerland, v. 16, n. 10, p. 1-22, 21 maio 2019. Anual. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6572226/>. Acesso em: 21 out. 2022.

MURRAY, Christopher J L *et al.* Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the global burden of disease study 2019. **The Lancet**, [S.L.], v. 396, n. 10258, p. 1223-1249, 17 out. 2020. Disponível em: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2820%2930752-2>. Acesso em: 24 ago. 2022.

NATIONAL COMPREHENSIVE CANCER NETWORK (United States Of America) (org.). **Lung Cancer Screening.** 2022. Disponível em: <https://www.nccn.org/guidelines/guidelines-detail?category=2&id=1441>. Acesso em: 06 set. 2022.

NUNES, Leonel J. R. *et al.* Impacts of Indoor Radon on Health: a comprehensive review on causes, assessment and remediation strategies. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, Switzerland, v. 19, n. 7, p. 1-14, 25 mar. 2022. Anual. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8997394/>. Acesso em: 21 out. 2022.

PETERMANN, Eric; BOSSEW, Peter. Mapping indoor radon hazard in Germany: the geogenic component. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 780, p. 1-14, 1 ago. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33774294/>. Acesso em: 21 out. 2022.

POLO, Hugo José de Oliveira *et al.* **Mapa de avaliação do potencial de urânio do Brasil**: escala 1:5.000.000. escala 1:5.000.000. 2022. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22630>. Acesso em: 26 out. 2022.

RAMOS, Mariana Luiza de Oliveira Santos. **Radônio-222 e a ocorrência de câncer de pulmão em municípios da região metropolitana de Recife com afloramentos de fosforito uranífero**. 2020. 147 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/40132/1/TESE%20Mariana%20Luiza%20de%20Oliveira%20Santos%20Ramos.pdf>. Acesso em: 21 out. 2022.

RADON LEADERS (United States Of America) (org.). **The National Radon Action Plan 2021-2025**: eliminating preventable lung cancer from radon in the united states by expanding protections for all communities and buildings. [S.I.], 2022. 8 p. Disponível em: <http://www.radonleaders.org/sites/default/files/2022-01/NRAP-2021-2025-Action-Plan-508.pdf>. Acesso em: 24 out. 2022.

RIUDAUVETS, Mariona *et al.* Radon and Lung Cancer: current trends and future perspectives. **Cancers**, Switzerland, v. 14, n. 13, p. 3142, 27 jun. 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9264880/>. Acesso em: 20 out. 2022.

ROUQUAYROL, Maria Zélia; GURGEL, Marcelo (org.). **Rouquayrol**: epidemiologia e saúde. 8. ed. Rio de Janeiro: Medbook, 2018. 752 p. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786557830000/pageid/4>. Acesso em: 26 out. 2022.

SABBAGA, Jorge. Bases da carcinogênese e da genética do câncer. In: MARTINS, Milton de Arruda *et al* (ed.). **Clínica Médica**: volume 3: doenças hematológicas, oncologia e doenças renais. 2. ed. Barueri: Manole, 2016. Cap. 1. p. 388-392.

TORRES-DURÁN, María *et al.* Lung cancer in never-smokers: a case-control study in a radon-prone area (galicia, spain). **European Respiratory Journal**: Flagship Scientific Journal of European Respiratory Society, United Kingdom, v. 44, n. 4, p. 994-1001, 17 jul. 2014. Disponível em: <https://erj.ersjournals.com/content/44/4/994>. Acesso em: 20 out. 2022.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (United States of America) (org.). **Health Risk of Radon**. 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/radon/health-risk-radon>. Acesso em: 20 out. 2022.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (United States of America) (org.). **How does radon get into your home?** 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/radon/how-does-radon-get-your-home>. Acesso em: 21 out. 2022.

UNITED STATES PREVENTIVE SERVICES TASK FORCE (United States of America) (org.). **Published Recommendations**. 2022. Disponível em:

[https://www.uspreventiveservicestaskforce.org/uspstf/topic\\_search\\_results?topic\\_status=P](https://www.uspreventiveservicestaskforce.org/uspstf/topic_search_results?topic_status=P). Acesso em: 24 ago. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (org.). **Cancer**. 2022. Disponível em: [https://www.who.int/health-topics/cancer#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/cancer#tab=tab_1). Acesso em: 24 ago. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (org.). **Manual da OMS sobre radônio em ambientes internos**: uma perspectiva de saúde pública. São Paulo: Instituto de Radioproteção e Dosimetria, 2016. 120 p. Tradução de Letícia Melo. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44149/9788567870038-por.pdf?sequence=11>. Acesso em: 21 out. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (org.). **Radon and Health**. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health>. Acesso em: 20 out. 2022.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION (United Kingdom) (org.). **World Uranium Mining Production**. 2022. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>. Acesso em: 21 out. 2022.