

## ARTIGO ORIGINAL



## Mortalidade por câncer em trabalhadores com risco de exposição ocupacional à radiação ionizante em empresa do setor nuclear sediada em São Paulo

### Cancer mortality in workers at risk of occupational exposure to ionizing radiation in a company in the nuclear sector headquarters in São Paulo

Glacy Sabra Vieira<sup>I</sup> , Maria Carmen Martinez<sup>II</sup> , Maria Regina Alves Cardoso<sup>III</sup>

<sup>I</sup>Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – São Paulo (SP), Brasil.

<sup>II</sup>WAF Informática & Saúde Ltda – São Paulo (SP), Brasil.

<sup>III</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública da São Paulo – São Paulo (SP), Brasil.

## RESUMO

**Objetivo:** Comparar a mortalidade por câncer entre trabalhadores expostos à radiação gama e X e a população geral do município de São Paulo, bem como a do subgrupo monitorado com o não monitorado para radiação gama e X em uma unidade de trabalho sediada no município de São Paulo. **Métodos:** Entre 2016 e 2021 foi realizado estudo de coorte aberta retrospectiva com trabalhadores que tiveram vínculo empregatício desde 31/08/1956 até 31/12/2016 a partir de dados coletados na empresa e em instituições oficiais. Foram calculadas as razões de mortalidade padronizadas (RMP) por sexo, idade e período calendário de cânceres agrupados segundo o tipo, o fator de risco e o sistema orgânico em duas análises: na análise externa, comparou-se a mortalidade da população de estudo com a da população geral do município de São Paulo; já na análise interna, comparou-se a mortalidade do subgrupo monitorado com a do subgrupo não monitorado para radiação gama e X. **Resultados:** A análise externa de mortalidade mostrou RMP=0,224 (IC95% 0,208–0,240) e o efeito do trabalhador sadio, enquanto a análise interna de mortalidade mostrou RMP = 0,685 (IC95% 0,618–0,758). **Conclusão:** Este estudo mostrou menor mortalidade por câncer entre os trabalhadores expostos quando comparada com a mortalidade da população geral e o efeito do trabalhador sadio. Entre os trabalhadores monitorados para radiação gama e X, a mortalidade por câncer foi menor quando comparada com a dos não monitorados.

**Palavras-chave:** Radiação ionizante. Trabalhador. Exposição ocupacional. Neoplasias. Mortalidade. Estudos de coortes.

**AUTORA CORRESPONDENTE:** Glacy Sabra Vieira. Avenida Professor Lineu Prestes, 2242, Butantã, CEP: 05508-000, São Paulo (SP), Brasil. E-mail: gsvieira@ipen.br

**CONFLITO DE INTERESSES:** nada a declarar.

**COMO CITAR ESSE ARTIGO:** Vieira GS, Martinez MC, Cardoso MRA. Mortalidade por câncer em trabalhadores com risco de exposição ocupacional à radiação ionizante em empresa do setor nuclear sediada em São Paulo. Rev Bras Epidemiol. 2024; 27: e240011. <https://doi.org/10.1590/1980-549720240011.2>

Esse é um artigo aberto distribuído sob licença CC-BY 4.0, que permite cópia e redistribuição do material em qualquer formato e para qualquer fim desde que mantidos os créditos de autoria e de publicação original.

Recebido em: 17/07/2023

Revisado em: 13/11/2023

Aceito em: 06/12/2023



## INTRODUÇÃO

A radiação ionizante é um agente cancerígeno, e a relação entre a dose de exposição e o risco de câncer é linear sem limite<sup>1</sup>. Os limites de segurança para o trabalho baseiam-se em populações expostas a altas doses uma única vez ou em pacientes expostos a altas doses de radioterapia<sup>2-4</sup>, além de estudos experimentais, mas a exposição ocupacional é crônica a baixas doses. Para elucidar a dúvida sobre a validade dos limites de segurança para o trabalho, estudos de coorte de trabalhadores da indústria nuclear foram feitos em países desenvolvidos e não demonstraram resultados conclusivos quanto à associação entre exposição ocupacional à radiação ionizante e mortalidade por câncer, embora algumas associações positivas tenham sido encontradas<sup>1</sup> em relação ao câncer de pulmão<sup>5,6</sup>, de próstata<sup>7,8</sup>, mieloma múltiplo<sup>9-12</sup> e leucemia<sup>10-14</sup>. Não foram identificados estudos dessa natureza junto a trabalhadores no Brasil.

O questionamento de trabalhadores de uma empresa na área radiológica e nuclear no município de São Paulo quanto ao adoecimento e morte por câncer decorrentes da exposição à radiação ionizante presente no ambiente de trabalho, aliado à carência de estudos nacionais, deu origem a este estudo, que teve o objetivo de comparar a mortalidade por câncer entre trabalhadores expostos à radiação ionizante com a mortalidade na população geral do município de São Paulo e do subgrupo monitorado com a do subgrupo não monitorado para radiação gama e X em uma unidade de trabalho sediada no município de São Paulo.

## MÉTODOS

### Desenho e população de estudo

Coorte histórica aberta em uma população-alvo de 6.394 trabalhadores de uma empresa pública situada no município de São Paulo (SP) com atividade em pesquisa, desenvolvimento e aplicações nas áreas radiológica e nuclear. A coorte iniciou em 31/08/1956, data da fundação da empresa, e terminou em 31/12/2016. Cada trabalhador foi inserido na coorte a partir da data de ingresso na empresa, e o término de acompanhamento correspondeu à data do óbito ou do encerramento da coorte.

Os critérios de inclusão foram ter registro formal de emprego e ao menos um dia de trabalho na empresa, a partir do qual o trabalhador estaria em risco de exposição à radiação gama e X. Foram consideradas perdas as situações em que houve recusa do trabalhador em participar do estudo e falta de informação sobre a ocorrência ou não do óbito do trabalhador.

### Fontes e coleta de dados

Os dados de identificação, demográficos e funcionais foram obtidos a partir de registros do setor administrativo da empresa. Foram coletados: nome, data de nascimento,

filiação, cidade natal, Registro Geral (RG) das Secretarias de Segurança Pública, Cadastro de Pessoa Física (CPF), título de eleitor, data de início e de encerramento de emprego, escolaridade inicial, cargos ocupados e data do óbito (quando houvesse). Informações sobre exposição à radiação gama e X foram obtidas a partir dos registros dosimétricos mensais provenientes da leitura de dosímetros individuais externos de tórax presentes na empresa de 1961 a 2016.

Os dados de mortalidade estavam disponíveis somente na empresa e em fontes oficiais limitadas ao estado de São Paulo, sendo elas o Programa de Aprimoramento de Informações de Mortalidade da Secretaria Municipal de Saúde do Município de São Paulo (PRO-AIM), o Centro de Informações Estratégicas de Vigilância em Saúde da Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo (CIEVS-SP) e a Fundação SEADE. A consulta às bases de dados no PRO-AIM e no CIEVS-SP utilizou a técnica do *linkage* probabilístico (pelo cruzamento do nome, nome da mãe e data de nascimento) e na SEADE, o *linkage* determinístico (pelo cruzamento do nome, nome da mãe, data de nascimento, nome do pai, cidade natal, CPF, RG, datas de ingresso e término do emprego) dando-se preferência aos registros do PRO-AIM. A causa básica de óbito foi registrada de acordo com a Classificação Internacional de Doenças – 10ª Revisão (CID-10).

Para classificação do estado vital de cada trabalhador, considerou-se “falecido” o trabalhador com registro de óbito e “vivo” o trabalhador que estava recebendo salário ou aposentadoria. Por meio da consulta ao banco de dados e à *homepage* do Tribunal Regional Eleitoral com abrangência nacional<sup>15</sup> e à *homepage* da Receita Federal<sup>15</sup>, foram considerados “vivos” aqueles com título de eleitor e CPF regulares, “falecidos” aqueles com informação de óbito, e “ignorados” aqueles sem informações localizadas.

Os registros demográficos e de mortalidade do município de São Paulo foram obtidos a partir do DATASUS<sup>16</sup> do período de 1996 a 2016, e a causa básica do óbito registrada de acordo com a CID-10.

### Variáveis de estudo

Variáveis sociodemográficas e funcionais: sexo, data de nascimento, data de início e de término de emprego, data de encerramento do acompanhamento na coorte, idade de início e de término do emprego, idade do óbito (falecidos), idade na data de encerramento da coorte (vivos), cargos (categorizados segundo o grau de escolaridade em cargos de nível médio, superior, mudança de médio para superior, e desconhecido).

Exposição à radiação gama e X: foram categorizados em subgrupo monitorado e subgrupo não monitorado para exposição à radiação gama e X<sup>17</sup>.

Estado vital: vivo, falecido ou ignorado.

Causas de óbito: os registros de óbito foram categorizados em todas as causas, todos os cânceres, todas as causas menos câncer e por sítio de câncer. A categoria de cânceres considerou, dos códigos da CID-10, o grupo de neoplasias

malignas (C00 até C97)<sup>18</sup>, de lesões precursoras das neoplasias malignas (D00 – D09), de tumores cerebrais benignos<sup>19</sup> (D32 e D33) e de neoplasias de comportamento incerto e hematopoiéticas (D37–D48). Os óbitos de causa básica desconhecida foram codificados como R99 pelo pesquisador.

As neoplasias foram agrupadas segundo tipo (sólidas, indeterminadas e hematopoiéticas), fatores de risco (relacionadas ao etilismo, ao tabagismo, ao trabalho e à exposição à radiação gama e X)<sup>20</sup>, e sistemas orgânicos segundo classificação de neoplasias da CID-10<sup>16</sup> (Quadro A do Material Suplementar).

### Análises estatísticas

A análise descritiva estratificada por sexo das variáveis quantitativas foi feita por meio das médias, medianas, desvios-padrão, valores mínimos e máximos; das variáveis qualitativas foram feitas proporções. As taxas brutas de mortalidade (TBM) foram estimadas dividindo o número de óbitos observados pelo número de pessoas-ano, que compreende o número em anos que o trabalhador esteve presente no acompanhamento entre a data de entrada e a data de saída da coorte.

Para comparar o risco de mortalidade entre as populações (exposta e não exposta) foi utilizada a razão de mortalidade padronizada (RMP), obtida pela divisão do número de óbitos observados pelo de óbitos esperados por meio do método indireto<sup>21,22</sup>. As RMP foram estratificadas por sexo, idade e período calendário (método do cálculo descrito no Material Suplementar). Considerou-se o intervalo de confiança de 95% (IC95%) para significância estatística.

A análise externa comparou a mortalidade da população de estudo com a do município de São Paulo do período de 1996 a 2016. Os estratos etários ao final do acompanhamento foram 15 a 34,9 anos, 35 a 49,9 anos e 50 ou mais anos. Os períodos calendários foram 01/01/1996–31/12/2002, 01/01/2003–31/12/2009 e 01/01/2010–31/12/2016. A análise interna comparou a mortalidade dos trabalhadores monitorados com a mortalidade dos trabalhadores não monitorados no período de 1993 a 2016, dado o número reduzido de registros de óbito anteriores a 1993. Os estratos etários ao final do acompanhamento foram 15 a 34,9 anos, 35 a 49,9 anos e 50 anos ou mais. Os períodos calendários foram 01/01/1993–31/12/2000, 01/01/2001–31/12/2008 e 01/01/2009–31/12/2016.

### Softwares

Para o cálculo das taxas brutas e padronizadas foi utilizado o programa *Excel* da Microsoft versão 365. Para as análises descritivas e o cálculo das razões padronizadas foi utilizado o programa *STATA – Statistics/Data Analysis*, versão 13.1.

### Aspectos éticos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, CAAE nº 54944616.6.0000.5421 de 29/08/2016.

A empresa autorizou a realização do estudo. A participação dos trabalhadores foi feita mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Para os trabalhadores que não puderam ser contatados, foi aprovado o Termo de Responsabilidade pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Secretaria Municipal de Saúde do Município de São Paulo em 31/08/2018.

## RESULTADOS

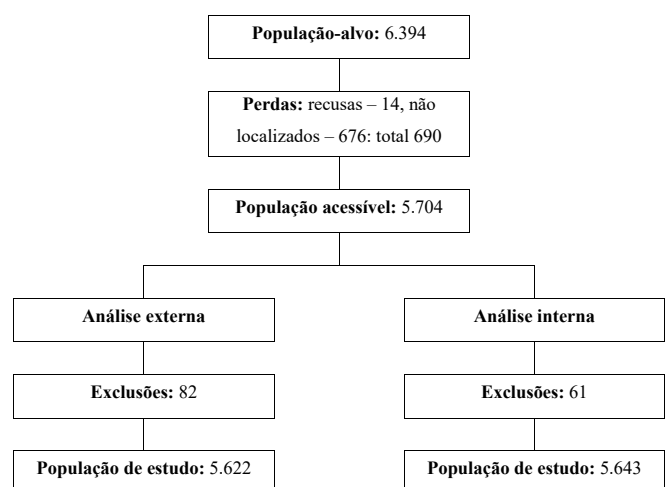
Foram encontrados 6.394 registros de trabalhadores, sendo que 676 tiveram seguimento perdido e 14 se recusaram a participar, totalizando 690 (10,8%) perdas, restando 5.704 (89,2%) trabalhadores. Da análise externa foram excluídos 82 trabalhadores que encerraram o seguimento antes de 1996, restando uma população de estudo de 5.622 (87,9%) trabalhadores. Da análise interna foram excluídos 61 participantes que encerraram o seguimento antes de 1993, compondo uma população de estudo de 5.643 (88,3%) trabalhadores. Etapas ilustradas na Figura 1.

A Tabela 1 mostra as características da população de estudo. A maioria era do sexo masculino (74,0%) e tinha 60 anos de idade ou mais (56,4%), com média de 61,7 anos (DP=9,9).

Em ambos os sexos, o tempo médio de acompanhamento foi de 35,3 anos (dp=8,9). A maior parte da população teve tempo de emprego inferior a 5 anos (57,8%), com média de 9,5 anos (DP=12,4).

Os trabalhadores em cargos de nível médio foram os mais frequentes (50,0%), seguidos por aqueles que tiveram mudança de nível médio para superior (39,6%).

A monitoração externa por risco de exposição à radiação gama e X foi constatada em 58,3% dos trabalhadores. Entre os trabalhadores monitorados, 69,5% tiveram dose acumulada abaixo de 10,0 mSv. A média de dose acumu-



**Figura 1. População-alvo e população de estudo; empresa com trabalho em pesquisa, desenvolvimento e aplicações nas áreas radiológica e nuclear, São Paulo, 1993–2016.**

**Tabela 1. Características da população de estudo segundo sexo; empresa com trabalho em pesquisa, desenvolvimento e aplicações nas áreas radiológica e nuclear, São Paulo, 1993–2016.**

Variável	Homens		Mulheres		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Faixa etária (em anos) ao final do acompanhamento						
15   35	42	1,0	15	1,0	57	1,0
35   50	256	6,1	133	9,1	389	6,9
50   60	1.542	36,9	473	32,2	2.015	35,7
≥60	2.334	55,9	848	57,7	3.182	56,4
Período calendário de ingresso no emprego						
1956 a 1959	45	1,1	9	0,6	54	1,0
1960 a 1969	274	6,6	106	7,2	380	6,7
1970 a 1979	1.810	43,4	727	49,5	2.537	45,0
1980 a 1989	1.857	44,5	488	33,2	2.345	41,6
1990 a 1999	98	2,3	84	5,7	182	3,2
2000 a 2016	90	2,2	55	3,7	145	2,6
Tempo de emprego (em anos)						
Menos de 1,0	930	22,3	255	17,4	1.185	21,0
1,0 a 4,9	1.621	38,8	457	31,1	2.078	36,8
5,0 a 9,9	446	10,7	181	12,3	627	11,1
10,0 a 19,9	342	8,2	163	11,1	505	8,9
20,0 a 29,9	291	7,0	204	13,9	495	8,8
30,0 a 39,9	473	11,3	177	12,0	650	11,5
40,0 a 49,9	69	1,7	32	2,2	101	1,8
50,0 ou mais	2	0,0	0	0,0	2	0,0
Característica do cargo ocupado						
Cargo de nível superior	273	6,5	183	12,5	456	8,1
Cargo de nível médio	2.046	49,0	774	52,7	2.820	50,0
Cargos mistos (médio e superior)	1.789	42,9	443	30,2	2.232	39,6
Desconhecido	66	1,6	69	4,7	135	2,4
Risco de exposição à radiação gama e X						
Não	1.664	39,9	691	47,0	2.355	41,7
Sim	2.510	60,1	778	53,0	3.288	58,3
Status vital ao final do acompanhamento						
Vivo	3.532	84,6	1.330	90,5	4.862	86,2
Falecido por câncer	139	3,3	57	3,9	196	3,5
Falecido por outras causas	503	12,1	82	5,6	585	10,4
Total	4.174	100,0	1.469	100,0	5.643	100,0

lada no subgrupo monitorado foi de 14,9 mSv (DP=35,7), com mediana de 3,0 mSv, mínima de 0,0 mSv e máxima de 656,2 mSv.

Ao final do acompanhamento, 781 (13,8%) trabalhadores haviam falecido. As doenças cardiovasculares foram a principal causa de óbitos, contabilizando 224 (28,8%); as neoplasias foram a segunda causa de morte, com 196 (25,1%) óbitos; e as causas não definidas ou não especificadas foram a terceira, com 15,4% dos óbitos (o Material Suplementar apresenta a Tabela A, que mostra os óbitos segundo os capítulos da CID-10, e a Tabela B, que mostra os óbitos por câncer por sítio de câncer).

Em relação aos cargos ocupados, observou-se maior proporção de óbitos por câncer na categoria de cargos de ní-

vel superior (38,0%), seguida da categoria de cargos de nível médio que migraram para cargos de nível superior (28,9%), cargos de nível médio (22,2%) e desconhecido (12,5%).

A Tabela 2 mostra as TBM. A TBM por todas as causas foi de 629,2/100.000 pessoas-ano, sendo maior entre os homens do que entre as mulheres. A TBM por todos os cânceres foi 157,9/100.000 pessoas-ano, sendo maior entre as mulheres do que entre os homens. Considerando os sistemas orgânicos, as maiores TBM por neoplasias foram do sistema digestório (64,4/100.000), respiratório (33,8/100.000), geniturinário (29,0/100.000), e as neoplasias hematogênicas (14,5/100.000).

A Tabela 3 mostra as RMP na análise externa. Observou-se menor risco de óbitos por todas as causas na po-

**Tabela 2. Distribuição dos óbitos segundo causa e sexo; empresa com trabalho em pesquisa, desenvolvimento e aplicações nas áreas radiológica e nuclear, São Paulo, 1993–2016.**

Variável	Homens			Mulheres			Total		
	Nº	%	TBM	Nº	%	TBM	Nº	%	TBM
Causas									
Todas as causas	642	100,0	698,6	139	100,0	431,2	781	100,0	629,2
Todos os cânceres	139	21,7	151,3	57	41,0	176,8	196	25,1	157,9
Todas as causas, menos câncer	503	78,3	547,4	82	59,0	254,4	585	74,9	471,3
Sistema orgânico									
Digestório	64	46,0	69,6	16	28,1	49,6	80	40,8	64,4
Respiratório	32	23,0	34,8	10	17,5	31,0	42	21,4	33,8
Geniturinário	15	10,8	16,3	21	36,8	65,1	36	18,4	29,0
Hematogênico	13	9,4	14,1	5	8,8	15,5	18	9,2	14,5
Osteomuscular	3	2,2	3,3	2	3,5	6,2	5	2,6	4,0
Olhos e Sistema Nervoso Central	6	4,3	6,5	2	3,5	6,2	8	4,1	6,4
Pele	1	0,7	1,1	1	1,8	3,1	2	1,0	1,6
Incerto	5	3,6	5,4	0	0,0	0,0	5	2,6	4,0
Total	139	100,0	151,3	57	100,0	176,8	196	100,0	157,9

TBM: taxa bruta de mortalidade/100.000 pessoas-ano.

**Tabela 3. Mortalidade por câncer - comparação externa\*: Número de óbitos observados e esperados, razão de mortalidade padronizada e intervalo de confiança de 95%, segundo sexo e causa do óbito; empresa com trabalho em pesquisa, desenvolvimento e aplicações nas áreas radiológica e nuclear, São Paulo, 1996–2016.**

	Homens				Mulheres				Total			
	O	E	RMP	IC95%	O	E	RMP	IC95%	O	E	RMP	IC95%
Causas de óbito												
Todas as causas	623	2.717,5	0,229	0,462–0,541	137	677,6	0,202	0,170–0,239	760	3.395,0	0,224	0,208–0,240
Todos os cânceres	137	352,0	0,389	0,327–0,460	56	88,0	0,636	0,481–0,826	193	440,0	0,439	0,379–0,505
Todas as causas, menos câncer	486	2.365,4	0,205	0,188–0,225	81	589,6	0,137	0,109–0,171	567	2.955,0	0,192	0,176–0,208
Grupos de câncer												
Tipo												
Sólido	119	308,3	0,386	0,320–0,462	51	75,8	0,673	0,501–0,884	170	384,1	0,443	0,379–0,514
Indeterminado	5	18,5	0,270	0,087–0,629	0	5,2	0,000	---, 0,701	5	23,8	0,210	0,068–0,491
Hematogênico	13	24,9	0,523	0,278–0,894	5	6,9	0,720	0,232–1,679	18	31,8	0,566	0,335–0,895
Fator de risco												
Relacionados ao etilismo	51	138,5	0,368	0,274–0,484	29	37,2	0,779	0,521–1,118	80	175,7	0,455	0,361–0,567
Relacionados ao tabagismo	96	234,6	0,409	0,331–0,500	26	43,0	0,605	0,395–0,886	122	277,6	0,439	0,365–0,525
Relacionados ao trabalho	94	232,4	0,405	0,327–0,495	48	61,5	0,780	0,575–1,035	142	293,9	0,483	0,537–0,647
Radiação gama e X	77	191,0	0,403	0,318–0,504	45	51,5	0,873	0,637–1,168	122	242,5	0,503	0,418–0,601
Sistema orgânico												
Digestório	63	149,7	0,421	0,323–0,538	15	30,2	0,497	0,278–0,820	78	179,9	0,434	0,343–0,541
Respiratório	32	73,8	0,434	0,297–0,612	10	9,8	1,017	0,487–1,871	42	83,6	0,502	0,362–0,679
Geniturinário	15	62,1	0,242	0,135–0,399	21	29,5	0,712	0,440–1,088	36	91,6	0,393	0,275–0,544
Osteomuscular	3	4,3	0,691	0,139–2,020	2	1,3	1,516	0,170–5,470	5	5,7	0,883	0,285–2,062
Pele	1	5,8	0,173	0,002–0,961	1	1,2	0,850	0,011–4,715	2	7,0	0,287	0,032–1,036
Olhos e Sistema Nervoso Central	5	11,6	0,432	0,139–1,008	2	3,3	0,608	0,068–2,195	7	14,9	0,471	0,189–0,971
Endócrino	0	1,5	0,000	---, 2,397	0	0,6	0,000	---, 5,731	0	2,2	0,000	---, 1,690
Hematopoiético	13	26,0	0,501	0,266–0,856	5	7,2	0,693	0,223–1,616	18	33,2	0,543	0,321–0,857
Indeterminado	5	17,0	0,295	0,095–0,687	0	4,8	0,000	---, 0,761	5	21,8	0,229	0,074–0,535

O: óbitos observados; E: óbitos esperados; RMP: razão de mortalidade padronizada; IC95%: intervalo de confiança de 95%. \*Padronização por sexo, faixa etária e período calendário, utilizando o método de padronização indireto, tomando como população padrão a população do Município de São Paulo do respectivo período calendário.

pulação de estudo com RMP=0,224 (IC95% 0,208–0,240) quando comparada com a população do município de São Paulo, bem como entre homens e mulheres.

A análise externa mostrou menor risco de óbitos por todos os cânceres na população de estudo, com RMP=0,439 (IC95% 0,379–0,505) quando comparada com a população do município de São Paulo, padrão também observado entre homens e mulheres.

Resultados semelhantes foram observados em relação aos óbitos por tipos de câncer (sólido, indeterminado e hematogênico), por fator de risco (etilismo, tabagismo, trabalho e radiação gama e X) e entre os diferentes sistemas orgânicos. Exceções ocorreram no sexo feminino, onde não houve diferença estatisticamente significativa em relação ao município de São Paulo quanto aos óbitos por cânceres hematogênicos, por cânceres relacionados ao etilismo, ao trabalho, à radiação gama e X e a quase todos os sistemas orgânicos.

A Tabela 4 mostra as RMP na análise interna. Observou-se menor risco de óbitos por todas as causas no subgrupo monitorado com RMP=0,685 (IC95% 0,618–0,758) quando

comparado com o subgrupo não monitorado, bem como entre homens e mulheres.

A análise interna mostrou menor risco de óbitos por todos os cânceres no subgrupo monitorado com RMP=0,723 (IC95% 0,585–0,884) quando comparado ao subgrupo não monitorado, nos sexos masculino e feminino.

Os resultados observados mostraram que os óbitos por tipos de câncer (sólido, indeterminado e hematogênico), por fator de risco (etilismo, tabagismo, trabalho e radiação gama e X) e entre os diferentes sistemas orgânicos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre o subgrupo monitorado e o não monitorado. Exceções ocorreram entre os cânceres sólidos, aqueles relacionados ao tabagismo e ao sistema respiratório, que mostraram menor risco de óbito entre os monitorados.

## DISCUSSÃO

Este trabalho buscou comparar a mortalidade por câncer entre trabalhadores de uma empresa nas áreas radiológica e nuclear no município de São Paulo com a popula-

**Tabela 4. Mortalidade por câncer - comparação interna\*: Número de óbitos observados e esperados, razão de mortalidade padronizada e intervalo de confiança de 95%, segundo sexo e causa do óbito; empresa com trabalho em pesquisa, desenvolvimento e aplicações nas áreas radiológica e nuclear, São Paulo, 1993–2016.**

	Homens				Mulheres				Total			
	O	E	RMP	IC95%	O	E	RMP	IC95%	O	E	RMP	IC95%
Causas de óbito												
Todas as causas	316	470,6	0,671	0,599–0,750	62	81,3	0,763	0,585–0,978	378	551,9	0,685	0,618–0,758
Todos os cânceres	72	95,3	0,756	0,591–0,952	23	36,1	0,637	0,404–0,956	95	131,4	0,723	0,585–0,884
Todas as causas, menos câncer	244	375,4	0,650	0,571–0,737	39	45,2	0,863	0,613–1,179	283	420,6	0,673	0,597–0,756
Grupos de câncer												
Tipo												
Sólido	62	83,7	0,741	0,568–0,949	20	34,2	0,586	0,357–0,904	82	117,9	0,696	0,553–0,864
Indeterminado	3	0,0	---	---	0	2,2	0,000	---	3	2,2	1,344	0,270–3,931
Hematogênico	7	8,5	0,826	0,331–1,703	3	1,9	1,555	0,312–4,542	10	10,4	0,961	0,460–1,768
Fator de risco												
Relacionados ao etilismo	29	32,8	0,885	0,592–1,271	13	18,3	0,709	0,377–1,213	42	51,1	0,822	0,592–1,111
Relacionados ao tabagismo	49	68,2	0,719	0,532–0,951	8	20,2	0,395	0,170–0,779	57	88,4	0,645	0,488–0,836
Relacionados ao trabalho	53	61,8	0,858	0,642–1,122	20	31,1	0,643	0,393–0,993	73	92,9	0,786	0,616–0,988
Radiação gama e X	44	50,5	0,871	0,633–1,169	19	29,2	0,651	0,392–1,017	63	79,7	0,790	0,607–1,011
Sistema orgânico												
Digestório	36	39,4	0,913	0,639–1,264	6	10,6	0,564	0,206–1,227	42	50,1	0,839	0,604–1,134
Respiratório	12	28,7	0,418	0,216–,730	3	7,5	0,399	0,080–1,167	15	36,2	0,414	0,232–0,683
Geniturinário	8	9,9	0,804	0,346–1,584	8	13,8	0,581	0,250–1,145	16	23,7	0,674	0,385–1,095
Osteomuscular	2	1,3	1,589	0,178–5,731	2	0,0	---	---	4	1,3	3,177	0,854–8,128
Pele	0	1,3	0,000	---	1	0,0	---	---	1	1,3	0,794	0,010–4,416
Olhos e Sistema Nervoso Central	4	3,1	1,296	0,348–3,314	0	2,2	0,000	---	4	5,3	0,752	0,202–1,925
Endócrino	0	0,0	---	---	0	0,0	---	---	0	0,0	---	---
Hematopoiético	7	8,5	0,826	0,331–1,703	3	1,9	1,555	0,312–4,542	10	10,4	0,961	0,460–1,768
Indeterminado	3	3,1	0,972	0,195–2,837	0	0,0	---	---	3	3,1	0,972	0,195–2,837

O: óbitos observados; E: óbitos esperados; RMP: razão de mortalidade padronizada; IC95%: intervalo de confiança de 95%. \*Padronização por sexo, faixa etária e período calendário, utilizando o método de padronização indireto, tomando como população padrão a população de estudo não monitorada para radiação gama e X do respectivo período calendário.

ção geral do mesmo município e entre os trabalhadores monitorados e não monitorados para radiação gama e X.

As principais causas de óbito foram as doenças cardiovasculares, neoplasias e causas mal definidas, perfil semelhante ao observado no mundo atual<sup>23</sup> e no Brasil<sup>24</sup>, embora, em alguns países, os cânceres sejam a primeira causa de óbito na faixa etária até 69 anos<sup>25</sup>. Causas mal definidas deveriam-se possivelmente à limitação da qualidade dos dados disponíveis, inclusive com potencial sub-registro de óbitos por câncer no estado de São Paulo e às coberturas dos períodos de registros de óbitos, iniciados no PRO-AIM no município de São Paulo em 1996, com não captação de óbitos entre os trabalhadores ocorridas anteriormente a esse período e em outras localidades.

As razões de mortalidade padronizadas na análise externa mostraram que os riscos de morte por todas as causas foram mais baixos na população de estudo, nos sexos masculino e feminino, em relação aqueles do município de São Paulo. Esses resultados sugerem o efeito do trabalhador sadio. Em relação a outros estudos<sup>10,11,13,26-29</sup>, as RMP não foram tão baixas quanto as que foram observadas neste estudo. Isso aponta para a contribuição que a limitação de informações sobre os óbitos pode ter exercido sobre este resultado e também sinaliza para os efeitos positivos das estratégias preventivas a que a população de estudo foi alvo.

O risco de óbitos por todos os cânceres apresentou redução de forma menos pronunciada do que o risco de óbitos por todas as causas (excluídos os cânceres), quando da comparação com a população do município de São Paulo. Isto foi observado na população de estudo e nos estratos masculino e feminino. Esta diferença entre as razões de mortalidade padronizadas (por todas as causas menos câncer e por câncer) são consistentes com o efeito do trabalhador sadio, que geralmente é menos marcado para óbitos por câncer do que para as outras causas de morte<sup>13,14,30,31</sup>.

Entre os fatores que podem ter colaborado para o efeito do trabalhador sadio estiveram o acesso a serviços de saúde por parte da população do estudo, tanto ao convênio médico como ao serviço de saúde ocupacional, promovendo tratamento de doenças, exames de detecção de fatores de risco de doenças cardiovasculares e de rastreamento de câncer, levando à redução da mortalidade<sup>31</sup>. A maior proporção de óbitos por câncer no nível socioeconômico mais elevado mostra que o acesso à educação e à assistência médica podem ter proporcionado o aumento dos diagnósticos dos casos de câncer.

A exposição ocupacional na análise externa foi avaliada indiretamente por meio da seleção de cânceres relacionados a exposições ocupacionais com evidência suficiente em humanos<sup>20</sup>. Mesmo sem a seleção de cânceres relacionados apenas às substâncias químicas, isto permitiu a avaliação indireta de exposição aos químicos, sobre os quais não foram encontrados registros sistemáticos na

empresa. A população de estudo, tanto os homens quanto as mulheres, apresentaram menor risco de mortalidade por cânceres associados à exposição ocupacional. Resultado semelhante foi obtido por meio da análise do grupo de cânceres radiogênicos com evidência suficiente em humanos<sup>20</sup>, que mostrou menor risco de óbito por exposição à radiação gama e X na população do estudo, entre homens e mulheres, o que também foi observado em outros estudos<sup>3</sup>. Esses resultados novamente podem ser atribuídos às estratégias preventivas e de acesso ao cuidado à saúde, porém, eles não afastam a possibilidade de que casos individualmente considerados possam estar vinculados à exposição a agentes carcinogênicos presentes no ambiente de trabalho.

A análise interna de mortalidade avaliou o subgrupo monitorado com o não monitorado utilizando este último como referência. A análise interna trouxe a vantagem de comparar populações mais semelhantes em relação aos fatores vinculados ao efeito do trabalhador sadio. Os resultados mostraram que o subgrupo monitorado, homens e mulheres, apresentaram menor risco de mortalidade por todas as causas em relação ao subgrupo não monitorado. Tal resultado sugere um efeito interno do trabalhador sadio<sup>3,32,33</sup>. Em relação à mortalidade por câncer, houve menor risco de óbitos por câncer no subgrupo monitorado e entre os estratos masculino e feminino. Resultados semelhantes foram encontrados na literatura<sup>2,3,32</sup>.

A menor RMP foi mais marcante na mortalidade por todas as causas do que para todos os cânceres entre os homens monitorados e no subgrupo monitorado, mas entre as mulheres monitoradas, essa redução foi mais presente na mortalidade por todos os cânceres. Esse resultado pode ser um evento aleatório pelo número pequeno de óbitos no sexo feminino, ou apontar para a possibilidade de que as mulheres recorreram ao rastreamento e à detecção dos cânceres. O câncer de mama pode ser detectado em estágios iniciais por meio da mamografia e o câncer do colo uterino, por meio da colpocitologia oncológica, métodos de rastreamento já bem estabelecidos na saúde pública<sup>34-36</sup>.

Os resultados mostraram que não houve diferenças entre os dois grupos em relação aos óbitos por tipos de câncer (sólido, indeterminado e hematogênico), por fator de risco (etilismo, tabagismo, trabalho e radiação gama e X) e entre os diferentes sistemas orgânicos. Exceções foram os cânceres sólidos, aqueles relacionados ao tabagismo e do sistema respiratório. Esses resultados sugerem que possivelmente há menos fumantes entre os trabalhadores monitorados. Os estudos da literatura mostram que é improvável que o tabagismo se constitua em um fator de risco para câncer entre os trabalhadores da indústria nuclear<sup>37,38</sup>. Outros estudos mostraram resultados semelhantes<sup>39,40</sup>.

O único sistema orgânico que apresentou aumento do risco estatisticamente significativo para óbito no

subgrupo monitorado foi o sistema osteomuscular. Porém, devido ao pequeno número de óbitos, pode ter sido um evento aleatório. Resultados semelhantes foram relatados na literatura<sup>5,40-42</sup>.

### Sucessos e limitações

As principais limitações do estudo estiveram vinculadas ao acesso e à qualidade dos dados. Os registros de óbitos foram restritos ao estado de São Paulo, porém esse é o estado da Federação de melhor nível socioeconômico e com melhores registros de mortalidade. Os números relativamente pequenos de óbitos, em especial entre as mulheres, determinaram a opção pelo agrupamento dos cânceres de forma a obter resultados mais consistentes.

As falhas nos registros dosimétricos, principalmente nas fases iniciais da empresa, também se constituíram em limitação. Além disso, 70% da população monitorada apresentou dose acumulada de até 10 mSv. Essa característica, positiva do ponto de vista de saúde do trabalhador, foi impeditiva para uma avaliação por estrato de dose acumulada, determinando a categorização entre monitorados e não monitorados.

Apesar do número relativamente pequeno de óbitos, a opção pela análise da razão de mortalidade padronizada forneceu resultados consistentes, avaliando os trabalhadores monitorados e não monitorados para radiação gama e X.

Como sucesso, destaca-se o acompanhamento de 60 anos de uma coorte de trabalhadores, período desejável para a análise de mortalidade por câncer, o que foi um grande benefício. O estudo também possibilitou analisar uma população com a maioria dos homens e mulheres acima dos 50 anos, faixa etária desejável para análise de mortalidade por câncer.

Apesar das coortes internacionais de trabalhadores da indústria nuclear terem tido um número maior de participantes<sup>3-5,7,8,11,12,27,28,42</sup>, esta coorte teve um número relevante e ocorreu em uma das maiores empresas deste ramo no Brasil, possibilitando agregar conhecimento à realidade nacional. Além disso, esta é uma das poucas avaliações dos óbitos por câncer no sexo feminino, que é pouco frequente entre os estudos do setor nuclear.

Um fator de destaque é o efeito do trabalhador sadio, indicando que as medidas de prevenção de doenças e promoção à saúde proporcionadas pela saúde ocupacional, juntamente com o acesso a serviços de saúde, exerceram redução na mortalidade por câncer e outras doenças.

As RMP mostraram menor mortalidade por câncer e por todas as causas entre os trabalhadores expostos e entre os monitorados para radiação gama e X, o que pode ser atribuído à qualidade das medidas protetivas no ambiente de trabalho e ao controle de saúde destes trabalhadores. Esses resultados sugerem a ocorrência do efeito do trabalhador sadio e dos benefícios decorrentes de boas práticas em saúde e segurança no trabalho.

## REFERÊNCIAS

1. Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII phase 2. Washington: National Academies; 2006. <https://doi.org/10.17226/11340>
2. McGeoghegan D, Binks K. The mortality and cancer morbidity experience of employees at the Chapelcross plant of British Nuclear Fuels plc, 1955-95. *J Radiol Prot* 2001; 21(3): 221-50. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/21/3/302>
3. McGeoghegan D, Binks K. The mortality and cancer morbidity experience of workers at the Capenhurst uranium enrichment facility 1946-95. *J Radiol Prot* 2000; 20(4): 381-401. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/20/4/303>
4. Smith PG, Douglas AJ. Mortality of workers at the Sellafield plant of British Nuclear Fuels. *Br Med J (Clin Res Ed.)* 1986; 293(6551): 845-54. <https://doi.org/10.1136/bmj.293.6551.845>
5. Beral V, Fraser P, Carpenter L, Booth M, Brown A, Rose G. Mortality of employees of the Atomic Weapons Establishment, 1951-82. *BMJ* 1988; 297(6651): 757-70. <https://doi.org/10.1136/bmj.297.6651.757>
6. Wing S, Shy CM, Wood JL, Wolf S, Cragle DL, Frome EL. Mortality among workers at Oak Ridge National Laboratory: evidence of radiation effects in follow-up through 1984. *JAMA* 1991; 265(11): 1397-402. PMID: 1999879
7. Fraser P, Carpenter L, Maconochie N, Higgins C, Booth M, Beral V. Cancer mortality and morbidity in employees of the United Kingdom Atomic Energy Authority, 1946-86. *BMJ* 1993; 67(3): 615-24. <https://doi.org/10.1038/bjc.1993.113>
8. Beral V, Inskip H, Fraser P, Booth M, Coleman D, Rose G. Mortality of employees of the United Kingdom Atomic Energy Authority, 1946-1979. *Br Med J (Clin Res Ed.)* 1985; 291(6493): 440-7. <https://doi.org/10.1136/bmj.291.6493.440>
9. Gilbert ES, Petersen GR, Buchanan JA. Mortality of workers at the Hanford site: 1945-1981. *Health Phys* 1989; 56(1): 11-25. <https://doi.org/10.1097/00004032-199306000-00001>
10. Douglas A, Omar RZ, Smith PG. Cancer mortality and morbidity among workers at the Sellafield plant of British Nuclear Fuels. *Br J Cancer* 1994; 70: 1232-43. <https://doi.org/10.1038/bjc.1994.479>
11. Muirhead CR, Goodil AA, Haylock RG, Volkes J, Little MP, Jackson DA, et al. Occupational radiation exposure and mortality: second analysis of the National Registry for Radiation Workers. *J Radiol Prot* 1999; 19(1): 3-26. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/19/1/002>
12. Cardis E, Gilbert ES, Carpenter L, Howe G, Kato I, Armstrong BK, et al. Effects of low doses and low dose rates of external ionizing radiation: cancer mortality among nuclear industry workers in three countries. *Radiat Res* 1995; 142(2): 117-32. <https://doi.org/10.2307/3579020>
13. Gribbin MA, Weeks JL, Howe GR. Cancer mortality (1956-1985) among male employees of atomic energy of Canada limited with respect to occupational exposure to external low-linear-energy-transfer ionizing radiation. *Radiat Res* 1993; 133(3): 375-80. <https://doi.org/10.2307/3578225>



14. Zablotska LB, Ashmore JP, Howe GR. Analysis of mortality among Canadian nuclear power industry workers after chronic low-dose exposure to ionizing radiation. *Radiat Res* 2004; 161(6): 633-41. <https://doi.org/10.1667/rr3170>
15. Veiga LHS. Padrão de mortalidade em coorte histórica de trabalhadores expostos ao radônio em mineração subterrânea de carvão, Paraná – Brasil [tese de doutorado]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca; 2004.
16. Brasil. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. TabNet [Internet]. 1991 [acessado em 19 jun. 2021]. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/>
17. Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Norma CNEN-NN-3.01. Resolução 164-14. Diretrizes básicas de proteção radiológica [Internet]. 2014 [acessado em 15 out. 2021]. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>.
18. Silva IS. Cancer epidemiology: principles and methods. Lyon: IARC Press; 1999.
19. Doll R, Peto R. The causes of cancer: quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. *J Natl Cancer Inst*. 1981; 66(6): 1191-308. PMID: 7017215.
20. Brasil. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Exposição no trabalho e no ambiente [Internet]. [acessado em 05 jul. 2021]. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente>.
21. Checkoway H, Pearce N, Kriebel D. Research methods in occupational epidemiology. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Oxford University Press; 2004.
22. Porta M. A dictionary of epidemiology. 5th ed. Nova York: Oxford University Press; 2008.
23. World Health Organization. Global status report on noncommunicable diseases 2010. Geneva: World Health Organization; 2011.
24. Schmidt MI, Duncan BB, Silva GA, Menezes AM, Monteiro CA, Barreto SM, et al. Chronic non-communicable diseases in Brazil: burden and current challenges. *Lancet* 2011; 377(9781): 1949-61. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60135-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60135-9)
25. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin* 2018; 68(6): 394-424. <https://doi.org/10.3322/caac.21492>
26. Baysson H, Laurier D, Tirmarche M, Valenty M, Giraud JM. Epidemiological response to a suspected excess of cancer among a group of workers exposed to multiple radiological and chemical hazards. *Occup Environ Med* 2000; 57(3): 188-94. <https://doi.org/10.1136/oem.57.3.188>
27. Telle-Lamberton M, Samson E, Caër S, Bergot D, Bard D, Bermann F, et al. External radiation exposure and mortality in a cohort of french nuclear workers. *Occup Environ Med* 2007; 64(10): 694-700. <https://doi.org/10.1136/oem.2007.032631>.
28. Richardson DB, Wing S, Wolf S. Mortality among workers at the Savannah River Site. *Am J Ind Med* 2007; 50(12): 881-91. <https://doi.org/10.1002/ajim.20511>
29. Richardson DB, Wing S, Keil A, Wolf S. Mortality among workers at Oak Ridge National Laboratory. *Am J Ind Med* 2013; 56(7): 725-32. <https://doi.org/10.1002/ajim.22164>
30. Howe GR, Zablotska LB, Fix JJ, Egel J, Buchanan J. Analysis of mortality experience amongst U. S. nuclear power industry workers after chronic low-dose exposure to ionizing radiation. *Radiat Res* 2004; 162(5): 517-26. <https://doi.org/10.1667/rr3258>
31. Merzenich H, Hammer GP, Tröltzsch K, Ruecker K, Buncke J, Fehring F, et al. Mortality risk in a historical cohort of nuclear power plant workers in Germany: results from a second follow-up. *Radiat Environ Biophys* 2014; 53(2): 405-16. <https://doi.org/10.1007/s00411-014-0523-z>
32. Wing S, Richardson DB. Age at exposure to ionising radiation and cancer mortality among Hanford workers: follow up through 1994. *Occup Environ Med* 2005; 62(7): 465-72. <https://doi.org/10.1136/oem.2005.019760>
33. McGeoghegan D, Binks K. The mortality and cancer morbidity experience of workers at the Springfields uranium production facility, 1946-95. *J Radiol Prot* 2000; 20(2): 111-37. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/20/2/301>
34. Levano W, Miller JW, Leonard B, Bellick L, Crane BE, Kennedy SK, et al. Public education and targeted outreach to underserved women through the National Breast and Cervical Cancer Early Detection Program. *Cancer* 2014; 120(16 suppl): 2591-6. <https://doi.org/10.1002/cncr.28819>
35. Parkin DM, Bray F, Ferlay J, Pisani P. Global cancer statistics 2002. *CA Cancer J Clin* 2005; 55(2): 74-108. <https://doi.org/10.3322/canjclin.55.2.74>
36. Humphrey LL, Helfand M, Chan BKS, Woolf SH. Breast cancer screening: a summary of the evidence for the U.S. Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med* 2002; 137(5 Part 1): 347-60. [https://doi.org/10.7326/0003-4819-137-5\\_part\\_1-200209030-00012](https://doi.org/10.7326/0003-4819-137-5_part_1-200209030-00012)
37. Petersen GR, Gilbert ES, Buchanan JA, Stevens RG. A case-cohort study of lung cancer, ionizing radiation, and tobacco smoking among males at the Hanford site. *Health Phys* 1990; 58(1): 3-11. <https://doi.org/10.1097/00004032-199001000-00001>
38. McGeoghegan D, Gillies M, Riddell AE, Binks K. Mortality and cancer morbidity experience of female workers at the British Nuclear Fuels Sellafield plant, 1946-1998. *Am J Ind Med* 2003; 44(6): 653-63. <https://doi.org/10.1002/ajim.10316>
39. Carpenter L, Fraser P, Booth M, Higgins C, Beral V. Smoking habits and radiation exposure. *J Radiol Prot* 1989; 9(4): 286-7. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/9/4/110>
40. Gilbert ES, Fry SA, Wiggs LD, Voelz GL, Cragle DL, Petersen GR. Analyses of combined mortality data on workers at the Hanford Site, Oak Ridge National Laboratory, and Rocky Flats Nuclear Weapons Plant. *Radiat Res* 1989; 120(1): 19-35. <https://doi.org/10.2307/3577633>

41. Gilbert ES, Cragle DL, Wiggs LD. Updated analyses of combined mortality data for workers at the Hanford Site, Oak Ridge National Laboratory, and Rocky Flats Weapons Plant. *Radiat Res* 1993; 136(3): 408-21. <https://doi.org/10.2307/3578555>
42. Metz-Flamant C, Samson E, Caër-Lorho S, Acker A, Laurier D. Solid cancer mortality associated with chronic external radiation exposure at the french atomic energy commission and nuclear fuel company. *Radiat Res* 2011; 176(1): 115-27. <https://doi.org/10.1667/RR2528.1>

## ABSTRACT

**Objective:** To compare cancer mortality among workers exposed to gamma and X radiation and the general population of the city of São Paulo, as well as that of the subgroup monitored with those not monitored for gamma and X radiation in a work unit with ionizing radiation based in the city of São Paulo. **Methods:** Between 2016 and 2021, a retrospective open cohort study was carried out with workers who were employed from 08/31/1956 to 12/31/2016 based on data collected at the company and in official institutions. Standardized mortality ratios (SMR) were calculated by sex, age and calendar period of cancers grouped according to type, risk factor and organ system in two analyses: in the external analysis, the mortality of the study population was compared with that of the general population of the city of São Paulo; In the internal analysis, the mortality of the monitored subgroup was compared with that of the subgroup not monitored for gamma and X radiation. **Results:** The external mortality analysis showed SMR=0.224 (95%CI 0.208–0.240) and the healthy worker effect, while the internal mortality analysis showed SMR=0.685 (95%CI 0.618–0.758). **Conclusion:** This study showed lower cancer mortality among exposed workers when compared to mortality in the general population and the healthy worker effect. Among workers monitored for gamma and X radiation, cancer mortality was lower when compared to those not monitored.

**Keywords:** Ionizing radiation. Worker. Occupational exposure. Neoplasms., Mortality. Cohort studies.

**CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES:** Vieira, G.S.: Administração do projeto, Curadoria de dados, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Investigação, Metodologia, Obtenção de financiamento, Recursos, Supervisão, Validação, Visualização. Martinez, M.C.: Análise formal, Conceituação, Curadoria de dados, Metodologia, Software, Supervisão, Validação. Cardoso, M.R.A.: Administração do projeto, Visualização.

**FONTE DE FINANCIAMENTO:** nenhuma.