

# CANCRO DO PULMÃO E POLUIÇÃO: UM ESTUDO TRANSVERSAL

## *Lung cancer and pollution: A cross-sectional study*

Esmeralda Barreira

Enfermeira Especialista, Instituto Português de Oncologia, Clínica do Pulmão; Professora Auxiliar, Investigadora / FP-ENAS – Unidade de Investigação em Energia, Ambiente e Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal

[merb@ufp.edu.pt](mailto:merb@ufp.edu.pt)

Manuela Pontes

Enfermeira Especialista, Professora Auxiliar, Investigadora / FP-ENAS – Unidade de Investigação em Energia, Ambiente e Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal

[mpontes@ufp.edu.pt](mailto:mpontes@ufp.edu.pt)

Rui L. Maia

Professor Associado, Investigador / FP-ENAS – Unidade de Investigação em Energia, Ambiente e Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal

[rmaia@ufp.edu.pt](mailto:rmaia@ufp.edu.pt)

Gisela M. Oliveira

Investigadora / FP-ENAS – Unidade de Investigação em Energia, Ambiente e Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal

[gisela@ufp.edu.pt](mailto:gisela@ufp.edu.pt)

Diogo Guedes Vidal

Investigador / FP-ENAS – Unidade de Investigação em Energia, Ambiente e Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal

[diogovidal@ufp.edu.pt](mailto:diogovidal@ufp.edu.pt)

**RESUMO:** São vários os estudos que estabelecem uma relação direta entre a exposição a poluentes e o desenvolvimento de determinadas patologias cancerígenas. O estado do ambiente é diretamente influenciado, em parte, pelas atividades antropogénicas, das quais se salientam a tipologia de atividade económica existente no local. Partindo de um projeto inicial WeGIx – WellBeing Global Index – o presente artigo procura:

**Objetivos:** Estabelecer relação de associação entre os óbitos por tumores malignos da laringe, brônquios, traqueia e pulmões e a exposição ao ambiente, nomeadamente às emissões de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> e NO<sub>x</sub>, bem como à tipologia de empresa alocada ao município, tendo por base a tipologia do território – Predominantemente Urbano, Semiurbano e Predominantemente Rural.

**Material e Método:** Estudo observacional, transversal; dados estatísticos referentes ao ano de 2015 provenientes do PORDATA e APA – Agência Portuguesa do Ambiente da população portuguesa residente nos 308 municípios. Análise de dados efetuada utilizando o IBM® SPSS® Statistics vs.24.0, considerando um nível de significância de 0,05 para todas as situações de inferência estatística.

**Resultados:** As associações efetuadas revelam uma diferença de médias estatisticamente significativas entre as três tipologias de território no que se refere à mortalidade. Os resultados demonstram que o comportamento das variáveis independentes (relacionadas com as características da população, ...) em relação com a variável dependente (mortalidade) oscila consoante a tipologia... (predominantemente urbano, Semiurbano e Predominantemente Rural).

**Conclusões:** O estudo das variáveis em análise permite concluir a existência de uma relação de associação entre os óbitos por tumores malignos do pulmão e a exposição das pessoas a emissões de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> e NO<sub>x</sub>. No que se refere à tipologia de atividade económica, enquanto elemento condicionado pelas características do território, o impacto da sua variabilidade difere do tipo de território, consequentemente, influenciando de forma distinta a vulnerabilidade à morte.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tumores malignos; Saúde; Ambiente; Emissões antropogénicas; Atividade económica.

**ABSTRACT:** *Several studies have established a direct relationship between environment exposure and the development of certain cancer pathologies. The state of the environment is directly influenced, in part, by anthropogenic activities, which highlight the typology of economic activity in the area. Starting from an initial project, namely WeGIx - WellBeing Global Index - this article aims to:*

*Objectives: Establish an association between deaths due to malignant tumors of the larynx, bronchi, trachea and lungs and environmental exposure, namely PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> e NO<sub>x</sub> emissions, as well as to the type of economic activity allocated to the municipality, based on the typology of the territory - Predominantly Urban, Semi-urban and Predominantly Rural.*

*Material and Method: Observational and transversal study; statistical data for the year 2015 from the PORDATA and APA - Portuguese Environment Agency - of the Portuguese population resident in the 308 municipalities. Data analysis performed using IBM® SPSS® Statistics vs.24.0, considering a significance level of 0.05 for all statistical inference situations.*

*Results: The associations made reveal a statistically significant difference of means between the three types of territory with regard to mortality. The results show that the behavior of the independent variables - related to population characteristics, pollutant emissions and typology of economic activity - in relation to mortality - varies according to the type of territory - Predominantly Urban, Semi-urban and Predominantly Rural.*

*Conclusions: The study of the variables under analysis allows us to conclude that there is an association between deaths due to malignant larynx, bronchial, tracheal and lung tumors and the exposure of people to the environment, namely PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> and NO<sub>x</sub> emissions. Regarding the typology of economic activity, as an element conditioned by the characteristics of the territory, the impact of its variability differs from the type of territory, consequently, influencing in a different way the vulnerability to death.*

**KEYWORDS:** *Malignant tumors; Health; Environment; Anthropogenic emissions; Economic activity.*

## Introdução

A saúde é influenciada por diversos fatores ambientais com impacto na morbidade e na mortalidade. A emissão de partículas (PM<sub>2,5</sub>) e óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>) tem afetado o ambiente e consequentemente a saúde em especial a função respiratória, sendo na UE responsável por 10% de mortes prematuras (Anenberg et al, 2017). Os tumores malignos do pulmão são dos mais comuns do mundo e anualmente são diagnosticados cerca de 1,7 mil de novos casos, segundo as estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS).

Atualmente verifica-se que os tumores da traqueia, brônquios e pulmão são os segundos mais incidentes nos homens, com 17.330 novos casos em 2016. Nas mulheres são os quartos mais frequentes, com 10.890 novos casos (WHO, 2016).

Relativamente a Portugal, a Direção Geral de Saúde (DGS, 2013) expõe os Indicadores de mortalidade relativos a tumores malignos da traqueia, brônquios e pulmão, em Portugal Continental no período 2007-2011 (Tabela 1), constatando-se o seu agravamento ao longo dos anos estudados. Não procurando estabelecer uma relação de causa-efeito mas sim de associação, e tendo por base estudos já desenvolvidos que demonstram esta relação direta entre exposição ambiental e desenvolvimento de patologias cancerígenas, as doenças respiratórias, sejam elas agudas, crónicas ou cancerígenas possuem uma associação às exposições ambientais, segundo a OMS, num intervalo entre 50 a 60 %. Isto significa que entre 50 a 60 casos de doenças do foro respiratório num total de 100 podem estar associados à poluição do ambiente (WHO, 2016).

**Tabela 1.** Indicadores de mortalidade relativos a Tumores malignos da traqueia, brônquios e pulmão, em Portugal Continental (2007 a 2011)

TUMORES MALIGNOS DA TRAQUEIA, BRÔNQUIOS E PULMÃO					
	2007	2008	2009	2010	2011
Número de óbitos	3195	3130	3241	3443	3514
Taxa de mortalidade	31,8	31,1	32,2	34,2	35,0
Taxa de mortalidade padronizada	23,2	22,2	22,9	23,6	23,8

Taxas: por 100 000 habitantes. Códigos da CID 10: C33-C34. Fonte: INE, IP (2017)

O século XX é o século da cidade e da urbanização. Fruto da Revolução Industrial do século XVIII e XIX, assiste-se ao desenvolvimento de cidades aglutinadoras das esferas da vida social – política, económica e social – com a concentração das atividades económicas, conduzindo ao êxodo rural (migração campo-cidade) de grande parte da população para a cidade. Este fenómeno, aliado ao desenvolvimento e produção industrial em série e à utilização desmesurada de recursos naturais altamente poluentes, como o caso do carvão à época, desemboca numa pressão no ambiente que, em última instância, tem consequências nocivas no mesmo. Neste sentido, é fulcral perceber que a degradação ambiental é concomitante a uma degradação da saúde das populações expostas. Apesar de aproximadamente 300 anos depois, a pressão ambiental continuou a ganhar proporções cada vez mais elevadas com a utilização de novas fontes de energia, igualmente poluentes na forma como são utilizadas.

Importa ter presente que é nos meios urbanos e densamente povoados, como o caso das grandes áreas urbanas do Porto e Lisboa, e nas suas regiões contíguas que as emissões de  $\text{NO}_x$  se tornam mais significativas. O transporte rodoviário, maioritariamente movido pela combustão de gasóleo (independentemente de ser em veículos ou noutros motores de combustão, por exemplo, caldeiras de aquecimento ou máquinas agrícolas) é um processo que resulta em emissões significativas de substâncias poluentes, sobretudo óxidos de azoto ( $\text{NO}_x$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ) e partículas (PM) (Anenberg et al. 2017; Greenbaum 2013; Office of Air Quality Planning and Standards Office of Air and Radiation 1995). Mas também as atividades económicas, nomeadamente as indústrias – e os processos industriais devido ao consumo de fontes de energia – são impulsores de emissões mais elevadas de material particulado para a atmosfera sendo, por isso, um fator que não deve ser descurado.

Tendo por base estes motivos, a OMS (2016) refere que o conhecimento dos fatores ambientais e sociais que sustentam o desenvolvimento sustentável – não comprometer a equidade de gerações – implica que se adote uma visão integrada e holística das diferentes dimensões da saúde, bem como a sua constante monitorização. A interligação da dimensão económica, social e ambiental encontra-se relacionada com um objetivo da Agenda 2030 relativamente à saúde: garantir o acesso à saúde de qualidade

e promover o bem-estar para todos. Esta visão implica um desenvolvimento tecnológico, industrial e social sustentável de modo a que o mesmo não tenha implicações nocivas na saúde dos indivíduos.

A qualidade e constante atualização dos dados estatísticos, concretamente das estatísticas oficiais utilizadas nesta investigação, devem ser entendidas com uma base essencial para, primeiro, conhecer e caracterizar e, segundo, desenhar para atuar.

## Material e métodos

Desenvolvemos um estudo observacional descritivo de natureza transversal baseado nos dados estatísticos provenientes do PORDATA e APA – Agência Portuguesa do Ambiente – referentes ao ano de 2015 nos municípios portugueses (N=308). As variáveis contempladas são de natureza qualitativa e quantitativa. A variável qualitativa é a tipologia do território baseada nas diretivas do INE – Instituto Nacional de Estatística – em predominantemente Urbano (N = 36), Semiurbano (N = 86) e Predominantemente Rural (N = 186). As variáveis quantitativas referem-se às emissões de  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{NO}_x$ , aos óbitos por tumores malignos da laringe, brônquios, traqueia e pulmões, e ao número de empresas por setor de atividade: indústria extrativa, indústria transformadora, indústria de transporte e armazenagem, e, por fim, empresas de agricultura, produção animal e caça.

A análise estatística dos dados foi efetuada com recurso ao *software* IBM® SPSS® Statistics vs.24.0 e, em todas as análises comparativas, foi usado um nível de confiança de 95% ( $\alpha = 0,05$ ). A comparação de número de óbitos por tumores malignos da laringe, brônquios, traqueia e pulmões por tipologia de território foi efetuada recorrendo a ANOVA unidirecional de comparações múltiplas com o teste *Tukey* (posteriori) dado que, apesar de verificada uma ausência de normalidade na distribuição (através do teste Kolmogorov-Smirnov), pode-se avançar com testes paramétricos pois  $N > 30$  nos três grupos. A correlação entre os óbitos por causa de doença selecionada e as emissões de poluentes acima referidas, bem como a área de atividade das empresas designadas, foi avaliada pelo coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ) (não pressupõe a existência de linearidade na distribuição).

A criação de um modelo de estimativas foi efetuada segundo um modelo de regressão linear para os municí-

pios predominantemente urbanos ( $R^2_a = 0,876$ ), semiurbanos ( $R^2_a = 0,610$ ) e predominantemente rurais ( $R^2_a = 0,520$ ), sendo que a variabilidade da constante – óbitos por tumores malignos da laringe, brônquios, traqueia e pulmões – é explicada, respetivamente, em 88%, 61% e 52% pelo modelo.

## Resultados e discussão

A análise dos dados revela que existem diferenças significativas de médias (Tabela 2) entre os grupos – predominantemente urbano, semiurbano e rural – no que se refere aos óbitos por tumores malignos da laringe, brônquios, traqueia e pulmões ( $F = 100,135; p = 0,000$ ).

De forma a perceber que fatores se encontram relacionados com os óbitos pela causa de morte selecionada, realizou-se o teste de correlação de Spearman (Tabela 3) cruzando esta variável com os três tipos de emissões de poluentes –  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{PM}_{10}$  – por tipologia de território. Os resultados deste teste revelam ser nos meios urbanos em que as emissões de  $\text{NO}_x$  mais se encontram

associadas com os óbitos por tumores malignos da laringe, traqueia, brônquios e pulmões ( $r_s = 0,571; p = 0,000$ ), sendo que nos municípios semiurbanos são as emissões de  $\text{PM}_{10}$  que mais relação de associação têm com esta causa de morte ( $r_s = 0,491; p = 0,000$ ). Esta diferença de associação materializa-se naquela que é a realidade quotidiana dos municípios, já que é nos meios urbanos onde o tráfego é mais intenso – e a combustão de gasóleo em particular – emitindo valores mais elevados de  $\text{NO}_x$  (Anenberg et al. 2017). Já os complexos industriais, maiores causadores de emissões de material particulado – nomeadamente  $\text{PM}_{10}$  – encontram-se localizados nas regiões semiurbanas longe dos centros da cidade (Harrison, Hester, & Querol, 2016).

É nos meios rurais que as emissões têm menos expressão na relação com os óbitos devendo-se ao facto de existir uma reduzida intensidade de tráfego e uma menor densidade do edificado que, em parte, contribui para uma maior dispersão dos poluentes. Ainda nestes espaços existe um fator que detém um peso preponderante da mitigação da poluição: uma maior densidade de vegetação.

**Tabela 2.**

ÓBITOS POR TUMORES MALIGNOS DA LARINGE, TRAQUEIA BRÔNQUIOS E PULMÕES				
Tipologia de Território	Média	Diferença de Médias		p
Predominantemente urbano (N = 36)	61,33	Semiurbano	46,961*	0,000
		Predominantemente rural	56,077*	0,000
Semiurbano (N = 86)	14,37	Predominantemente rural	9,116*	0,005
Predominantemente rural (N = 186)	5,26	F = 100,135; p = 0,000		

\*A diferença de média é significativa ao nível de 0,05.

**Tabela 3.** Associação entre óbitos por tumores malignos da laringe, traqueia, brônquios e pulmões com emissões de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{PM}_{10}$  por tipologia de território.

RÔ DE SPEARMAN					
Predominantemente urbano	Óbitos por tumores malignos da laringe, traqueia brônquios e pulmões	Semiurbano	Óbitos por tumores malignos da laringe, traqueia brônquios e pulmões	Predominantemente rural	Óbitos por tumores malignos da laringe, traqueia brônquios e pulmões
Emissões de $\text{NO}_x$	0,571* p = 0,000	Emissões de $\text{NO}_x$	0,449* p = 0,000	Emissões de $\text{NO}_x$	0,219* p = 0,005
Emissões $\text{PM}_{2,5}$	0,470* p = 0,004	Emissões $\text{PM}_{2,5}$	0,422* p = 0,000	Emissões $\text{PM}_{2,5}$	0,347* p = 0,000
Emissões de $\text{PM}_{10}$	0,514* p = 0,000	Emissões de $\text{PM}_{10}$	0,491* p = 0,000	Emissões de $\text{PM}_{10}$	0,332* p = 0,000

\*A correlação é significativa ao nível de 0,05.

Os resultados alcançados até ao momento permitem que se perceba a relação existente entre as atividades económicas e os impactos que as mesmas, por via das emissões de poluentes para a atmosfera, detêm na saúde das populações e na vulnerabilidade à morte, nomeadamente ao desenvolvimento de tumores malignos da laringe, traqueia, brônquios e pulmões. De forma a procurar um modelo interpretativo destas relações de associação procedeu-se a realização de uma regressão linear múltipla (Tabela 4) nas três tipologias do território português. Os valores do  $R^2_a$  nestas três tipologias permitem perceber que é nos municípios predominantemente urbanos onde a variância dos dados é explicada pelo modelo em 88%. Atentando na tipologia A verifica-se que são as emissões de  $PM_{10}$  as que

mais impacto têm na variância da constante, pois à medida que aumentam as emissões, os óbitos, tendencialmente, também aumentam ( $\beta = 6,624$ ;  $t = -0,298$ ;  $p = 0,036$ ). Mas, ao analisar o valor de  $t$ , a variável que mais impacto tem no modelo é a que se refere ao número de empresas de transporte e armazenagem ( $t = 6,402$ ), evidenciando o peso do tráfego rodoviário na associação com os óbitos por tumores malignos da laringe, traqueia, brônquios e pulmões ( $\beta = 0,127$ ;  $p = 0,000$ ). Estes resultados vão de encontro ao estudo de Cepeda et al (2017) que referem a proximidade à intensidade de tráfego rodoviário como um fator de risco para a poluição do ar. Também Raaschou-Nielsen et al (2016) referem também que os poluentes em análise estão associados a um maior risco de cancro do pulmão.

**Tabela 4.** Regressão Linear Múltipla entre as variáveis quantitativas nas três tipologias de território A (N =36), B (N = 86) e C (N = 186)

MODELO DE REGRESSÃO LINEAR		COEFICIENTES		t	p
		B	ERRO PADRÃO		
Predominantemente urbano (A)	(Constante)	9,673	7,868	1,229	0,229
	Emissões $NO_x$	0,134	0,451	-0,298	0,031
	Emissões $PM_{2,5}$	-5,818	3,998	-1,455	0,157
	Emissões de $PM_{10}$	6,624	3,013	2,199	0,036
	Indústrias Extrativas	-0,657	0,837	-0,786	0,439
	Indústrias Transformadoras	0,015	0,007	1,978	0,058
	Empresas Transporte e armazenagem	0,127	0,020	6,402	0,000
	Empresas Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	0,000	0,014	-0,029	0,977
Semiurbano (B)	(Constante)	1,013	1,593	0,636	0,527
	Emissões de $NO_x$	0,865	0,392	2,204	0,038
	Emissões $PM_{2,5}$	-0,481	1,430	-0,336	0,738
	Emissões de $PM_{10}$	0,078	1,332	0,059	0,030
	Indústrias Extrativas	0,012	0,099	0,125	0,901
	Indústrias Transformadoras	0,004	0,002	1,708	0,092
	Empresas Transporte e armazenagem	0,112	0,018	6,250	0,000
	Empresas Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	0,003	0,002	1,326	0,189
Predominantemente rural (C)	(Constante)	0,491	0,510	0,964	0,337
	Emissões de $NO_x$	0,213	0,107	1,997	0,048
	Emissões $PM_{2,5}$	-2,037	4,415	-0,461	0,645
	Emissões de $PM_{10}$	-0,539	3,277	-0,164	0,870
	Indústrias Extrativas	-0,098	0,039	-2,499	0,014
	Indústrias Transformadoras	0,040	0,008	4,749	0,000
	Empresas Transporte e armazenagem	0,040	0,019	2,072	0,040
	Empresas Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	0,002	0,001	3,210	0,002

Variância explicada pelo modelo: (A)  $R^2_a = 0,876$ ; (B)  $R^2_a = 0,610$ ; (C)  $R^2_a = 0,520$ .  
(Constante) – Óbitos por Tumores Malignos da Laringe, Traqueia, Brônquios e Pulmões.

A tipologia semiurbano sugere uma aproximação ao comportamento da tipologia A. Contudo, e evidenciando as diferenças no território português – bem como a diferença de médias apresentada na tabela 2 – a tipologia de território C, referente aos meios mais rurais, demonstra o peso que a indústria detém na variância dos dados. A par das empresas de transporte e armazenagem, são as indústrias transformadoras aquelas que mais impacto têm no modelo ( $t = 4,749$ ), revelando que a medida que as mesmas aumentam, os óbitos por tumores malignos da laringe, traqueia, brônquios e pulmões aumentam igualmente ( $\beta = 0,040$ ;  $p = 0,000$ ). Verifica-se também que as empresas ligadas à agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca detêm nesta tipologia de território ( $t = 3,210$ ), o fator de aumento dos óbitos, com um valor de  $p$  estatisticamente significativo ( $\beta = 0,002$ ;  $p = 0,002$ ).

## Conclusão

A realização deste estudo permitiu estabelecer a relação de associação entre os óbitos por tumores malignos da laringe, brônquios, traqueia e pulmões e a exposição ao ambiente, nomeadamente às emissões de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $NO_x$ , em que nos municípios urbanos são as emissões de  $NO_x$  que mais se encontram associadas aos óbitos por tumores pulmonares. Já nos municípios semiurbanos são as emissões de  $PM_{10}$  que apresentam uma relação de associação forte com esta causa de morte. As emissões com menos expressão na relação com os óbitos pelo desenvolvimento de tumores acima identificados, ocorrem nos meios mais rurais devido à menor intensidade de tráfego e densidade do edificado. Ainda no que se refere aos municípios que sem encontram ligados a uma tipologia predominante rural, importa salientar a vantagem da maior densidade de vegetação que se manifesta como um fator positivo na mitigação dos poluentes, reduzindo o impacto na saúde.

A nível de atividades económicas, nomeadamente nas diferentes tipologias de empresas ou indústrias, conclui-se que o setor de transporte e armazenamento, quer nas zonas urbanas e semiurbanas, se assume como um fator impulsor das emissões de poluentes. Nas zonas rurais são as empresas extração e de transformação que mais impacto significativo têm na poluição do ar e consequente impacto na saúde.

O alcance destas conclusões enfatiza a relevância que a característica do território, associada às atividades

antropogénicas (atividades humanas ligadas à indústria, agricultura, mineração, transportes, construção e habitações), produz um efeito significativo na qualidade do ar, deteriorando-o. Este processo contínuo de degradação da qualidade do ar pode conduzir, de forma direta ou indireta, a impactos diversos na saúde que, último caso, poderão resultar em morte por tumores malignos da laringe, traqueia, brônquios e pulmões.

A exploração desta relação abre pistas orientadoras para estudos mais amplos e aprofundados, de natureza diacrónica, que facilite o esclarecimento e interpretação, melhorando o conhecimento da temática em estudo, tendo como objetivo máximo a sua aplicação na melhoria da qualidade de vida das populações através de estilos de vida mais saudáveis.

## Agradecimentos

Este projeto é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do programa de financiamento “Fundo de Reestruturação FCT 2016” com a referência UID/Multi/4546/2016.

## Referências bibliográficas

- Anenberg, S.C., Miller, J., Minjares, R., Du, L., Henze, D.K., Lacey, F., Malley, C.S., Emberson, L., Franco, V., Klimont, Z., and Heyes, C. 2017. Impacts and mitigation of excess diesel-related  $NO_x$  emissions in 11 major vehicle markets. *Nature*, 545: 467-471.
- Cepeda, M., Schoufour, J., Freak-Poli, R., Koolhaas, C. M., Dhana, K., Bramer, W. M., & Franco, O. H. (2017). Levels of ambient air pollution according to mode of transport: a systematic review. *Lancet Public Health*, pp. 23-34.
- DGS. (2013). Portugal – Doenças Oncológicas em números – 2013. Lisboa: Direção-Geral da Saúde.
- Greenbaum, D. S. (2013). Sources of Air Pollution: Gasoline and Diesel Engines. In K. Straif, A. Cohen, & J. Samet, *Air Pollution and Cancer* (pp. 49-62). Lyon: International Agency for Research on Cancer (IARC) Publications.
- Harrison, R. M., Hester, R. E., & Querol, X. (2016). *Airborne Particulate Matter: Sources, Atmospheric Processes and Health* (Vol. 42). The Royal Society of Chemistry.
- Hirabayashi Satoshi, Nowak, D. (2016) Comprehensive national database of tree effects on air quality and human health in the United States *Environmental Pollution* 215: 48-57.
- Ki-Hyun K., Pawan K., Jan E., Adedeji A., Muhammad J., Minori U., Scott C. (2017). Toward a better understanding of the impact of mass transit air pollutants on human health. *J. Chemosphere*: 268-279.
- Office of Air Quality Planning and Standards Office of Air and Radiation, 1995. Chapter 3: Stationary Internal Combustion Sources, Section 3.3 Gasoline and Diesel Industrial Engines (1-9). AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors. EPA - United States Environmental Protection Agency, North Carolina.
- Raaschou-Nielsen, O., et.al. 2016. Particulate matter air pollution components and risk for lung cancer. *Environment International*, 87: 66-73.
- WHO (2016). World health statistics 2016: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Suíça: World Health Organization.