



A relação das mudanças climáticas e da poluição do ar na saúde

Eloir Dutra Lourenço¹, Daniela Muller de Quevedo², Marco Alésio Figueiredo Pereira³

¹Universidade Feevale (eloirdl@feevale.br)

²Universidade Feevale (danielamq@feevale.br)

³Universidade Feevale (marco@feevale.br)

Resumo

As mudanças climáticas podem ser entendidas como qualquer alteração no clima ao longo dos anos, devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana. Tais mudanças, refletem o impacto de processos socioeconômicos e culturais, como o crescimento populacional, a urbanização, a industrialização e o aumento do consumo de recursos naturais e da demanda sobre os ciclos biogeoquímicos. Uma importante discussão no meio acadêmico sobre clima, diz respeito ao aumento dos gases de efeito estufa, principalmente a concentração de CO₂, oriundo da poluição atmosférica. Além deste componente, destaca-se a presença do material particulado fino no ar, sendo um dos maiores responsáveis pelos efeitos adversos na saúde das pessoas. A proteção da saúde da população sob os futuros climas mais quentes, exigirá intervenções regulatórias, principalmente reduzindo as emissões de gases de efeito estufa.

Palavras-chave: Mudança climática. Poluição do ar. Saúde humana

Área Temática: Saúde Ambiental

The relationship between climate change and air pollution in health

Abstract

Climate change can be understood as any change in climate over the years due to natural variability or as a result of human activity. This change reflects the impact of socioeconomic and cultural processes, such as population growth, urbanization, industrialization and increased consumption of natural resources and the demand on biogeochemical cycles. An important discussion in the academic environment on climate refers to the increase of greenhouse gases, mainly the concentration of CO₂, originating from the air pollution. Besides this component, the presence of the fine particulate matter in the air is highlighted, being one of the major responsible for the adverse effects on the health of the population. Protecting the health of the population under the hottest future climates will require regulatory interventions, primarily reducing greenhouse gas emissions.

Keywords: Climate change. Air pollution. Human health

Theme Area: Environmental Health



1 Introdução

A ocorrência do processo de mudanças climáticas, principalmente aquelas devidas ao aquecimento global induzido pela ação humana, foi alertada pela primeira vez na década de 1950. Já no final do Século XIX, o pesquisador sueco Svante Arrhenius havia levantado a possibilidade de aumento de temperatura devido a emissões de dióxido de carbono. As mudanças climáticas podem ser entendidas como qualquer mudança no clima ao longo dos anos, devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana (IPCC, 2007a).

A mudança climática representa uma ameaça enorme para a saúde global, afetando os suprimentos alimentares nas escalas locais e nacionais, a qualidade do ar e da água, clima, economia e muitos outros fatores que impactam na saúde (HEGERL et al. 2007). A poluição do ar está intimamente associada às mudanças climáticas (D'AMATO et al. 2015). Nos últimos 50 anos, a temperatura global da Terra aumentou acentuadamente, provavelmente, devido ao aumento nas concentrações de gases de efeito estufa (GEE), como indicado no Relatório do Grupo de Trabalho I do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (HEGERL et al., 2007). Os principais determinantes das emissões de GEE, são a produção de energia, principalmente as oriundas de combustíveis fósseis, o transporte, a agricultura intensiva, a produção de alimentos e a gestão inadequada de resíduos, todas oriundas de ações antropogênicas. O dióxido de carbono (CO_2) é o gás causador do efeito estufa proveniente da ação humana mais importante, e a sua concentração atmosférica aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 280 partes por milhão (ppm) para 379 ppm em 2005. A mesma tendência ocorreu para os outros GEE antropogênicos predominantes: metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). No entanto, é importante considerar que após as emissões de CO_2 serem reduzidas e as concentrações atmosféricas se estabilizarem, os prognósticos apontam que a temperatura do ar da superfície continuará a aumentar devagar por um século ou mais (TILIO NETO, 2010). Além disso, o aumento das temperaturas contribui para a elevação das concentrações de ozônio e material particulado (devido a incêndios florestais, secas, desertificação, tempestades de areia e aumento do uso de energia a carvão para produzir energia para refrigeração) ao nível do solo (D'AMATO et al., 2016).

A convivência dos seres vivos, em especial a do homem, com a poluição do ar tem trazido consequências sérias para a saúde. Os efeitos dessa exposição têm sido marcantes e plurais quanto à abrangência. Em países desenvolvidos e em desenvolvimento, crianças, adultos e idosos, previamente doentes ou não, sofreram e ainda sofrem seus malefícios. Assim sendo, o propósito deste artigo é descrever as interações entre o clima, a poluição do ar e a saúde, avaliando os impactos projetados recentes do clima nos impactos relacionados à poluição atmosférica.

2 Metodologia

Trata-se de um estudo de revisão por levantamento retrospectivo de trabalhos científicos publicados nas últimas duas décadas. A busca bibliográfica foi realizada nas bases de pesquisa LILACS, SCIELO e PUBMED, nos idiomas inglês, português e espanhol. Os descritores utilizados foram: mudanças climáticas, poluição do ar e danos na saúde versus poluentes.

3 Resultados e Discussão

O primeiro relatório global sobre as mudanças climáticas e saúde foi publicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1990. Durante a Conferência das Nações Unidas



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), no qual, foi instalada a convenção sobre mudanças climáticas, junto com as convenções sobre diversidade biológica e a desertificação. No entanto, o tema das mudanças climáticas teve maior ênfase na mídia somente nos últimos anos, repercutindo sobre agendas de governos, pesquisas e no imaginário popular. A divulgação do 4º relatório de avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCCAR4) em fevereiro de 2007; o filme “Uma verdade inconveniente”, ganhador do Oscar de melhor documentário de 2007; o tratamento midiático dado a uma série de eventos extremos do ponto de vista climático, catastróficos e social como o furacão Katrina, que destruiu Nova Orleans em 2005; a onda de calor na Europa em 2003, quando foi registrado um excesso de mais de 44 mil mortes (KOSATSKY T., 2005); o Catarina, que atingiu o sul do Brasil em 2004 e a seca no oeste da Amazônia em 2005, contribuíram para trazer à tona e reforçar o debate sobre as origens e os efeitos das mudanças climáticas em escala global, mesmo sem consenso para suas determinações causais.

Uma importante discussão que vem sendo travada nos fóruns acadêmicos sobre clima, diz respeito à parcela atribuível desses fenômenos às mudanças climáticas globais, já que uma parte dos fenômenos atmosféricos se deve ao aumento do efeito estufa, outra parte é inerente de ciclos naturais. Dados têm demonstrado que as concentrações de CO₂ e de CH₄ na atmosfera nunca foram tão altas nos últimos 600.000 anos (IPCC, 2007a). O aumento do efeito estufa, causado pela acumulação de gases, produziu um acréscimo de um grau Celsius na temperatura média ao longo do último século.

O clima pode afetar a qualidade do ar, consequentemente, a qualidade do ar pode afetar a mudança climática e ambas podem afetar direta ou indiretamente a saúde. Os dois principais efeitos das mudanças climáticas sobre a qualidade do ar estão degradando os processos de remoção (dispersão e precipitação) e ampliando a química atmosférica (BLOOMER, et al, 2009). Estes afetarão os poluentes primários, que são considerados aqueles emitidos diretamente na atmosfera (por exemplo, dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), Metano(CH₄) e partículas de fuligem) e os poluentes secundários, que são aqueles formados através da reação química entre poluentes primários ou destes com constituintes naturais da atmosfera (por exemplo, ozônio (O₃), peróxido de hidrogênio (H₂O₂), aldeídos e sulfato) (JACOB et al, 2009).

As mudanças climáticas refletem o impacto de processos socioeconômicos e culturais, como o crescimento populacional, a urbanização, a industrialização e o aumento do consumo de recursos naturais e da demanda sobre os ciclos biogeoquímicos (MCMICHAEL et al, 2003). Vários estudos indicam que as mudanças climáticas já afetaram a qualidade do ar. Fang et al. (2013), relataram que, desde o período pré-industrial (1860) até o presente (2000), as concentrações globais de material particulado fino (MP 2,5μm) aumentaram 5% e as concentrações de ozônio em 2% devido à mudança climática. De acordo com Silva et al. (2016), a mudança no período pré-industrial, resultou em mais de 21.400 mortes prematuras adicionais em razão do aumento de MP 2,5μm e ozônio relacionadas à mudança climática. Ao longo das duas últimas décadas, todos os níveis de aquecimento nos dados observados, foram associados a um aumento de 1,2 partes por bilhão (ppb) nas concentrações de ozônio. À medida que o clima continua a mudar, esses impactos deverão continuar futuramente (BLOOMER et al, 2009).

Concentrações mais elevadas de MP 2,5μm de fontes antropogênicas podem resultar de mudanças nas emissões precursoras, na meteorologia e no comportamento físico e químico das partículas na atmosfera (FUZZI et al., 2015). Além das emissões antropogênicas, o clima futuro poderá mudar as emissões de compostos orgânicos voláteis biogênicos, devido a temperaturas mais altas e ao metabolismo alterado das plantas. Isso pode alterar os aerossóis orgânicos secundários, resultando em mudanças nos níveis de partículas secundárias



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

(CARSLAW et al, 2010). Mais e maiores incêndios florestais associados à mudança climática poderiam reduzir significativamente a qualidade do ar até o final do século (LIU et al, 2010). Outras fontes naturais incluem tempestades de poeira e transporte de partículas de poeira, onde as mudanças climáticas poderiam aumentar sua frequência (FUZZI et al, 2015).

O MP 2,5 μ m também pode afetar o clima. A fuligem (matéria preta) pode absorver o calor, aumentando as temperaturas locais (BOND et al, 2013). Partículas secundárias, como partículas de sulfato, refrigeraram o clima e contribuem para as interações em nuvem de aerossol (MYHRE et al, 2013; SHINDELL et al, 2013). Isso inclui o potencial de mitigação das mudanças climáticas ao reduzir os níveis de fuligem, bem como por partículas de refrigeração projetadas (MING et al, 2014). O ozônio próximo da superfície é outro poluente secundário formado pela interação de compostos precursores com a luz solar, incluindo a radiação UV. A taxa de formação depende da temperatura, assim, dias ensolarados e sem nuvens e temperaturas mais elevadas são mais propícios para maiores concentrações de ozônio. O vento pode controlar os níveis de ozônio dispersando espécies precursoras, reduzindo a formação de ozônio. A formação de ozônio próximo da superfície é o resultado de reações químicas que dependem das emissões precursoras de ozônio de fontes naturais e antropogênicas (JACOB et al, 2009).

As interações entre a qualidade do ar e a saúde estão direta e indiretamente relacionadas (Tabela 1). Primeiro, as partículas, especialmente da combustão, podem afetar a mortalidade cardiopulmonar, hospitalização e doenças respiratórias (asma, bronquite crônica, rinite) (WHO,2013). Evidências recentes, apoiam associações com diabetes, doenças reumáticas, funcionamento cognitivo e doenças neurodegenerativas (XU et al, 2016). Além disso, os poluentes secundários, estão relacionados a mortalidades, por causas respiratórias e circulatórias, bem como doenças respiratórias crônicas. Turner et al. (2016) relacionaram as maiores concentrações de ozônio, com parto prematuro, declínio da saúde reprodutiva e cognitivo.

Tabela 1: Efeitos potenciais para a saúde nas mudanças climáticas

| Eventos climáticos | Agricultura, Silvicultura | Impacto na saúde humana |
|---|--|---|
| Eventos de precipitação pesada: aumento de frequência na maioria das áreas | Danos às culturas; erosão do solo, incapacidade de cultivar terra, exploração de solos nas águas; Efeitos adversos na qualidade das águas superficiais e subterrâneas; contaminação do abastecimento de água | Mortes, lesões, doenças infeciosas, alergias e dermatite, inundações e deslizamentos de terra |
| Área afetada pela seca | Degradação da terra, menor rendimento / danos nas culturas e falhas; morte de criações (ovino, caprino, bovino); degradação do solo; Estresse hídrico mais difundido | Aumento do risco da falta de alimentos e água, aumento do risco de doenças transmitidas por água e alimentos; distúrbios cardiovasculares |
| Número de ciclones tropicais intensos | Danos às culturas; As interrupções de energia causam a interrupção do abastecimento público de água | Aumento do risco de doenças transmitidas por água e alimentos |
| Incidência do nível extremo do alto do mar | Salinização de irrigação e água de poço; Diminuição da disponibilidade de água doce devido à intrusão de água salgada | Aumento da doença relacionada ao estresse; outras condições alérgicas |

Fonte: D'Amato et al. World Allergy Organization Journal (2017)



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Em segundo lugar, os poluentes primários e secundários podem impulsionar a mudança climática que, por sua vez, afeta a saúde pública através, por exemplo, de temperaturas mais extremas. Os poluentes secundários, como o ozônio, também podem afetar os rendimentos das culturas que, em combinação com o clima, podem afetar a segurança alimentar e a saúde pública (MCGRATH et al, 2015). Tai et al. (2014) concluíram que a mudança climática poderia reduzir a produção mundial de culturas em mais de 10% até 2050. Portanto, as mudanças climáticas poderiam afetar indiretamente a saúde pública, especialmente nos países mais pobres.

Gent et al. (2003) examinaram os efeitos simultâneos de ozônio e MP 2,5 μm , em níveis abaixo dos padrões da *Environment Protection Agency* (EPA) sobre sintomas respiratórios diários e uso de medicação em crianças com asma. Nível de ozônio e MP 2,5 μm , foi significativamente associada com sintomas respiratórios e uso de medicação em crianças. Um aumento de 50 ppb em ozônio de 1 h foi associado com maior probabilidade de sibilância (em 35%) e aperto no peito (47%). Os níveis mais altos de ozônio (médias de 1 h ou 8 h) foram associados ao aumento da falta de ar e uso de medicação para amenizar os sintomas (GENT et al, 2003). A poluição do ar - em MP e partículas de escape de diesel (DEP), ozônio, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre, demonstraram ter um efeito inflamatório nas vias aéreas de sujeitos suscetíveis, causando maior permeabilidade, maior penetração de alérgenos nas membranas mucosas e uma interação mais fácil com células do sistema imunológico. Também há evidências, de que os sujeitos predispostos aumentaram a reatividade das vias aéreas induzidas pela poluição do ar e aumento da capacidade de resposta brônquica aos alérgenos inalados (D'AMATO et al, 2002).

Alguns episódios relacionados à poluição atmosférica das exacerbações de asma são devidos a fatores climáticos que favorecem o acúmulo de poluentes atmosféricos no nível do solo e algumas cidades são continuamente afetadas pela poluição causada pelos veículos a motor. Além disso, também é importante considerar que em todo o mundo, centenas de milhares de hectares de madeiras são destruídas a cada ano pelo fogo, portanto, milhões de toneladas de CO₂ são produzidas, desempenhando um papel no efeito estufa (NEWS BBC, 2011).

4 Conclusão

Diante dos resultados publicados, as mudanças climáticas aumentarão as concentrações de poluição do ar nos próximos anos, embora exista uma tendência de diminuição das emissões de poluentes, reduzindo os efeitos negativos das mudanças climáticas no futuro, levando a uma melhora na qualidade projetada do ar. O MP 2,5 μm é o principal poluente que contribui para os danos à saúde da população oriunda da poluição do ar e estudos projetam aumentos maiores do MP 2,5 μm , nos efeitos sobre a saúde quando comparado ao ozônio (SUN et al, 2015). À medida que os impactos da mudança climática na qualidade do ar variam globalmente, são necessárias mais avaliações regionais, especialmente em países de baixa e média renda que atualmente possuem maiores concentrações de poluição atmosférica. A realização de abordagens consistentes em todos os estudos, facilitaria as comparações dessas avaliações regionais (SILVA et al, 2016).

Muitos estudos publicados avaliam os efeitos diretos da poluição do ar na saúde, principalmente a mortalidade prematura. Mas as consequências da exposição a concentrações mais elevadas, são muito mais largas do que a mortalidade prematura. É necessário um melhor entendimento dos efeitos indiretos da poluição do ar na saúde humana, por meio da perda de culturas e da desnutrição resultante. Mesmo que os riscos para a saúde da poluição do ar possam diminuir devido às reduções de emissões, a temperatura ambiente e as ondas de



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

calor ainda devem aumentar (SILVA et al, 2016). É necessária uma maior compreensão, porque a exposição a temperaturas mais altas e a maiores concentrações de poluentes atmosféricos podem ter efeitos sinérgicos, especialmente em doenças cardiovasculares, causando encargos de saúde ainda maiores que a exposição a cada um individualmente (REN et al, 2011).

Como as emissões atuais ultrapassaram as tendências projetadas, reduzir, requer tecnologias de controle regulatório ainda mais rigorosas do que as planejadas atualmente. Uma vez que existem opções muito limitadas para reduzir a vulnerabilidade humana aos poluentes atmosféricos, a proteção da saúde da população sob os futuros climas mais quentes, exigirá intervenções regulatórias, como a redução das emissões de gases de efeito estufa. São necessárias mais pesquisas para quantificar a magnitude e o padrão de riscos futuros, considerando a gama completa de morbidade e mortalidade, para informar regulamentos mais rigorosos na emissão dos poluentes.

Referências

- BLOOMER BJ, STEHR JW, PIETY CA, SALAWITCH RJ, DICKERSON RR. *Observed relationships of ozone air pollution with temperature and emissions*. **Geophys Res Lett.** 2009; 36.
- BOND TC, DOHERTY SJ, FAHEY DW, FORSTER PM, BERNTSEN T, DEANGELO BJ, et al. *Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment*. **J Geophys Res Atmos.**, 118(11), 2013, 5380–5552.
- CARSLAW KS, BOUCHER O, SPRACKLEN DV, MANN GW, RAE JGL, WOODWARD S, et al. *A review of natural aerosol interactions and feedbacks within the Earth system*. **Atmos Chem Phys.**, 10(4), 2010, 1701–1737.
- D'AMATO G, LICCARDI G, D'AMATO M, et al. *Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma*. **Eur Respir J.**, 20, 2002, 763–776.
- D'AMATO G, VITALE C, DE MARTINO A, VIEGI G, LANZA M, MOLINO A, SANDUZZI A, VATRELLA A, ANNESI-MAESANO I, D'AMATO M. *Effects on asthma and respiration allergy of climate change and air pollution*. **Multidiscip Respir Med.**, 10:39, 2015.
- D'AMATO G, VITALE C, LANZA M, MOLINO A, D'AMATO M. *Climate change, air pollution, and allergic respiratory diseases: an update*. **Curr Opin Allergy Clin Immunol.**, 16(5), 2016, 434–40.
- D'AMATO G, VITALE C, ROSARIO N, et al. *Climate change, allergy and asthma, and the role of tropical forests*. **The World Allergy Organization Journal**, 10(1), 2017, 11.
- FANG Y, NAIK V, HOROWITZ LW, MAUZERALL DL. *Air pollution and associated human mortality: the role of air pollutant emissions, climate change and methane*



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

concentration increases from the preindustrial period to present. **Atmos Chem Phys.**, 13(3), 2013, 1377–1394.

FUZZI S, BALTENSPERGER U, CARSLAW K, DECESARI S, DENIER VAN DER GON H, FACCHINI MC, et al. *Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs.* **Atmos Chem Phys.**, 15(14), 2015, 8217–8299.

GENT JF, TRICHE EW, HOLFORD TR, BELANGER K, BRACKEN MB, BECKETT WS, LEADERER BP. *Association of low-level ozone and fine particles with respiratory symptoms in children with asthma.* **JAMA**, 290(14), 2003, 1859–1867.

HEGERL GC, ZWIERS FW, BRACONNOT P, GILLETT NP, LUO Y, MARENGO JA, ET AL. **Understanding and attributing climate change.** In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, et al., editors. **Climate change 2007: the physical science basis, Contribution of the working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.** Cambridge: Cambridge University Press; 2007. p. 663–746.

IPCC (2007a). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis.** (eds.) Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt K, Tignor MMB & Miller HL,. **Working Group 1 Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** Technical Summary and Chapter 10 (Global Climate Projections)

JACOB DJ, WINNER DA. *Effect of climate change on air quality.* **Atmos Environ.**, 43(1), 2009, 51–63

KOSATSKY, T. The 2003 European heat waves. *Eurosurveillance*, v. 10, n. 7-9, 2005.

LIU Y, STANTURF J, GOODRICK S. *Trends in global wildfire potential in a changing climate.* **For Ecol Manag.**, 259(4), 2010, 685–697.

MCGRATH JM, BETZELBERGER AM, WANG S, SHOOK E, ZHU XG, LONG SP, et al. *An analysis of ozone damage to historical maize and soybean yields in the United States.* **Proc Natl Acad Sci U S A.**, 112(46), 2015, 14390–14395.

MCMICHAEL AJ. **Global climate change and health: an old story writ large.** In: McMichael AJ, Campbell- Lendrum DH, Corvalan CF, Ebi KL, Githenka A, Scheraga JD, et al, editors. **Climate change and human health. Risks and responses.** Geneva: WHO; 2003. p. 1-17.

MING T, DE_RICHTER R, LIU W, CAILLOL S. *Fighting global warming by climate engineering: is the Earth radiation management and the solar radiation management any option for fighting climate change?* **Renew Sust Energ Rev.**, 31, 2014, 792–834.

MYHRE G, SHINDELL D, BRÉON F-M, COLLINS W, FUGLESTVEDT J, HUANG J, ET AL. ET AL. ANTHROPOGENIC AND NATURAL RADIATIVE FORCING. IN: STOCKER TF, QIN D, PLATTNER G-K, TIGNOR M, ALLEN SK, DOSCHUNG J, et al. **Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University Press; 2013. pp. 659–740.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

NEWS BBC. Australia fires leave trail of devastation near Perth. 2011.

REN C, O'NEILL MS, PARK SK, SPARROW D, VOKONAS P, SCHWARTZ J. *Ambient temperature, air pollution, and heart rate variability in an aging population.* **Am J Epidemiol.**, 173(9), 2011, 1013–1021.

SHINDELL DT, LAMARQUE JF, SCHULZ M, FLANNER M, JIAO C, CHIN M, et al. *Radiative forcing in the ACCMIP historical and future climate simulations.* **Atmos Chem Phys.**, 13(6), 2013, 2939–2974.

SILVA RA, ADELMAN Z, FRY MM, WEST JJ. *The impact of individual anthropogenic emissions sectors on the global burden of human mortality due to ambient air pollution.* **Environ Health Perspect.**, 124(11), 2016, 1776–1784.

SILVA RA, WEST JJ, ZHANG YQ, ANENBERG SC, LAMARQUE JF, SHINDELL DT, et al. *Global premature mortality due to anthropogenic outdoor air pollution and the contribution of past climate change.* **Environ Res Lett.**, 8(3), 2013, 11.

SUN J, FU JS, HUANG K, GAO Y. *Estimation of future PM2.5- and ozone-related mortality over the continental United States in a changing climate: an application of high-resolution dynamical downscaling technique.* **J Air Waste Manag Assoc.**, 65(5), 2015, 611–623.

TAI APK, MARTIN MV, HEALD CL. *Threat to future global food security from climate change and ozone air pollution.* **Nat Clim Chang.**, 4(9), 2014, 817–821.

TILIO NETO, PD. *Ecopolítica das mudanças climáticas: o IPCC e o ecologismo dos pobres [online]*. Rio de Janeiro: **Centro Edelstein de Pesquisas Sociais**, 2010. 155 p.

TURNER MC, JERRETT M, POPE CA, 3RD, KREWESKI D, GAPSTUR SM, DIVER WR, et al. *Long-term ozone exposure and mortality in a large prospective study.* **Am J Respir Crit Care Med.**, 193(10), 2016, 1134–1142.

WHO. **Review of evidence on health aspects of air pollution—REVIHAAP project: technical report.** Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2013.

XU X, HA SU, BASNET R. *A review of epidemiological research on adverse neurological effects of exposure to ambient air pollution.* **Front Public Health.**, 4, 2016, 157.