

Situação atual da qualidade do ar das principais cidades da América Latina

Current state of air quality in major cities of Latin America

Murcia Liana¹; Ortiz Edison²; Martins Jorge³; Morais Marcos⁴; Ardiles Leda⁵; Urbina Guerrero Viviana⁶; Martins D.Leila⁷

¹ Mestranda em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Brasil

² Mestrando em Engenharia Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

³ Professor, Doutor em Ciências, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Brasil

⁴ Doutor em Ciências, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Brasil

⁵ Mestranda em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Brasil

⁷ Doutoranda em Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

² Professora, Doutora em Ciências, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Brasil

Resumo

Neste trabalho foi feito um levantamento das concentrações de Material Particulado atmosférico (MP) para as maiores cidades da América Latina, com mais de 1 milhão de habitantes, a fim de investigar a situação da qualidade do ar nesta região. Para este estudo foram obtidos dados de 28 cidades, de 13 países, através de relatórios da Organização Mundial da Saúde (OMS), órgãos públicos e de estações de monitoramento. Os resultados mostram que na maioria das cidades os níveis de concentração estabelecidos pelas diretrizes da OMS, tanto para MP₁₀ como MP_{2,5}, são excedidos, proporcionando condições que ameaçam a saúde pública da população.

Palavras-chave: Qualidade do ar, América Latina, Material Particulado.

Abstract

In this paper was done the compilation of Particulate Matter (PM) concentrations for the largest cities in Latin America, with over 1 million inhabitants in order to investigate the air quality situation in this region. For this study were obtained data from 28 cities of 13 countries from the World Health Organization reports (WHO), government agencies and monitoring stations. The results shows that, in most cities, the levels established by WHO guidelines, both PM₁₀ and PM_{2.5}, are exceeded, providing conditions that threaten the public health of citizens.

Keywords: Air quality, Latin America, Particulate Matter.

1 Introdução

Os aerossóis são pequenas partículas atmosféricas geradas ambos por processos naturais e antrópicos. Além de serem emitidos diretamente também são formados na atmosfera por processos de conversão gás-partícula (Colbeck, 2008).

No caso de aerossóis provenientes de origem antrópica, sua emissão está associada às atividades como cultivos, queima de biomassa, atividades industriais e de transporte (Figueroa, 2004). A urbanização e o crescimento populacional constante nos grandes centros urbanos amplia e concentra muitas dessas atividades, resultando em degradação da qualidade do ar à maiores riscos para a saúde pública devido à exposição pessoal constante (Arbex et al., 2012).

Nos países em desenvolvimento da América Latina existem, diferentes sistemas transporte público, distintos tipos de tecnologia veicular e combustíveis. Estes estão diretamente relacionados às emissões diretas de material particulado, que por sua vez são um dos principais indicadores de qualidade do ar (GM, 2005).

A qualidade do ar pode ser melhorada através da implementação de políticas de controle, tais como: o uso de combustíveis “limpos”, sistemas de controle de emissões nos veículos e indústrias, etc. A identificação das fontes específicas que estão contribuindo com a degradação da qualidade do ar também é fundamental para a gestão da qualidade do ar.

Diversos estudos têm mostrado que altas concentrações de partículas finas estão associadas a um elevado número de morbidade e mortalidade por doenças cardíacas, acidente vascular cerebral, câncer e doenças respiratórias (Roemer et al., 1993; Sartor et al., 1995; Anderson et al., 1996; Borja et al., 1997; Saldiva et al., 1995; Vallero, 2008; Pope et al., 2009). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), os valores de concentração de partículas finas ($MP_{2,5}$) e inaláveis (MP_{10}) são os melhores indicadores do nível de risco para a saúde, decorrente da poluição atmosférica (WHO, 2005).

Neste trabalho foi feita uma compilação e avaliação das concentrações de poluentes atmosféricos ($MP_{2,5}$, MP_{10}) nas principais regiões urbanas da América Latina. O resultado deste

estudo permitirá ter uma visão da situação atual da qualidade do ar dos centros urbanos da América Latina.

2 Metodologia

Para este estudo foram selecionadas cidades da América Latina, com mais de 1 milhão de habitantes, segundo Organização das Nações Unidas (ONU), 64 cidades em 19 países apresentam essa condição (Figura 1), sendo seis grandes centros urbanos (Cidade do México, São Paulo, Buenos Aires, Rio de Janeiro, Lima e Bogotá) com o maior número de habitantes. Considerando que a poluição do ar é influenciada diretamente pelo crescimento populacional, estes centros são prioritários nos estudos de qualidade do ar. No entanto, foram obtidos dados apenas de 28 cidades em 13 países. Os dados são de relatórios oficiais de órgãos ambientais e da OMS.

Os 6 países ausentes (Cuba, El Salvador, Panamá, Paraguai, República Dominicana e Venezuela), não foram utilizados no estudo devido à falta de informação ou a existência de informações não oficiais. Além disso, nestes grandes centros urbanos vivem mais de 220 milhões de pessoas (28 cidades), que corresponde aproximadamente a 3% da população mundial, das quais estão expostas às altas concentrações de poluentes, a curto e longo prazo, afetando a saúde dessas populações. Foram utilizadas na análise médias de concentração anuais de MP_{10} e $MP_{2,5}$ de um ano com dados disponíveis entre 2010 e 2014.

As cidades, com seu respectivo país, que foram utilizados neste estudo são apresentados na Tabela 1. Os mapas foram produzidos com ajuda de ferramentas contidas na biblioteca Maps e Openair R, para as concentrações de MP_{10} e $MP_{2,5}$.

Para o Brasil, o cálculo das médias anuais de cada cidade foi realizada a partir dos dados individuais de cada estação. Na cidade de São Paulo foram utilizadas oito estações automáticas de monitoramento: Diadema, Ibirapuera, Mauá, Mooca, Nossa Senhora do Ó, Parque Dom Pedro, Santo André Capuava, São Caetano do Sul. Para a região metropolitana de Curitiba seis estações automáticas de monitoramento: Boqueirão, Ouvidor Pardiniho, Cidade Industrial de Curitiba

(CIC), Refinaria Presidente Getúlio Vargas Nacional (CSN) e Usina Elétrica a Gás (UEG). Em relação ao Rio de Janeiro foram utilizadas duas estações automáticas de monitoramento: Adalgisa Nery e Itaguaí Monte Serrat. Em Campinas, uma estação de monitoramento na região central do município. Para Belo Horizonte foram considerados oito estações de monitoramento: Alterosa, Cascata, Petrovale, Centro Administrativo Betim, Amazonas, Piratinga,

(REPAR), Companhia Siderúrgica Centro Av. do Contorno e Cidade Industrial. Em Vitória, no estado do Espírito Santo, foram consideradas sete estações de monitoramento: Laranjeiras, Carapina, Jardim Camburi, Enseada do Suá, Vitória Centro, IBES Vila Velha e Cariacica. Para os outros 12 países, os dados utilizados são as médias anuais das estações de qualidade do ar existentes em cada cidade, e reportadas nos relatórios oficiais.

Tabela 1: Cidades e respectivos países considerados no estudo. As fontes dos dados estão indicadas entre parênteses ao lado dos países.

País	Cidade	País	Cidade	País	Cidade
MÉXICO (INCA, 2014)	Ciudad de México	PERU (ECALM, 2014; MACA, 2013)	Lima	COSTA RICA (ECACR, 2012)	San José
	Ciudad Juárez		Arequipa		
	León	EQUADOR (ICAQ, 2014)	Quito	URUGUAY (ICAM, 2012)	Montevideo
	Guadalajara	GUATEMALA (IACA, 2013a)	Ciudad de Guatemala	CHILE (MAIA, 2015)	Santiago de Chile
	Tijuana	BOLIVIA (WHO, 2014)	La Paz	PORTO RICO (IA, 2012)	San Juan
	Toluca		Santa Cruz de la Sierra		
ARGENTINA (WHO, 2014)	Monterrey	HONDURAS (WHO, 2014)	Tegucigalpa		
	Buenos aires	BRASIL (Órgãos estaduais)	São Paulo		
COLOMBIA (IACAB,2013; CAM, 2013; IACA 2013b; IACAB, 2014)	Bogotá		Rio de Janeiro		
	Medellín		Curitiba		
	Santiago de Cali		Campinas		
	Bucaramanga		Belo horizonte		
			Vitoria		

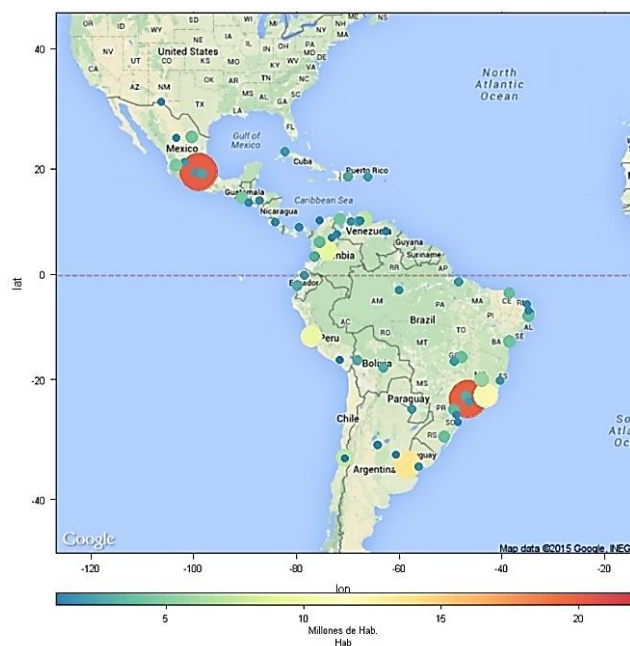


Figura 1. População dos grandes centros urbanos (64 cidades) na América Latina.

3 Resultados

Na Figura 2 são apresentadas as concentrações médias anuais de MP_{10} das 28 cidades. Os valores mais elevados são observados no México. Da mesma forma, a Figura 3 mostra as concentrações de MP_{10} nas 28

cidades, com valores no intervalo de $24-119 \mu\text{g m}^{-3}$, com uma concentração média anual de $48,2 \mu\text{g m}^{-3}$. Valores superiores aos recomendados pela OMS em 2005, ($20 \mu\text{g m}^{-3}$ anual), é indicado com uma linha vermelha na Figura 3.

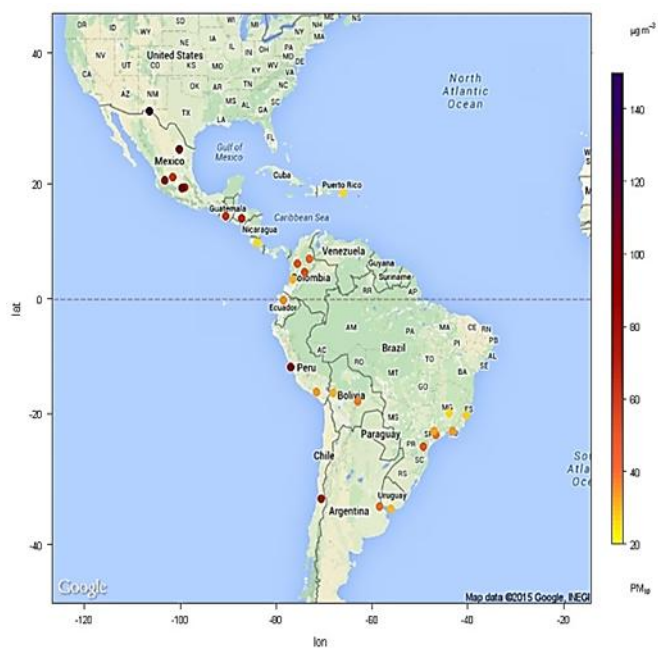


Figura 2. Concentração de Material Particulado MP_{10} para América Latina, segundo os últimos relatórios, entre 2010 e 2014.

Maior controle é necessário nesses grandes centros urbanos para atingir os valores recomendados pela OMS. A maioria dos países latino-americanos estabelece um valor limite de 50 $\mu\text{g m}^{-3}$ de média anual de MP_{10} . Países

latino-americanos que não têm padrões nacionais de qualidade do ar são Honduras, Uruguai e Guatemala (CAI, 2013).

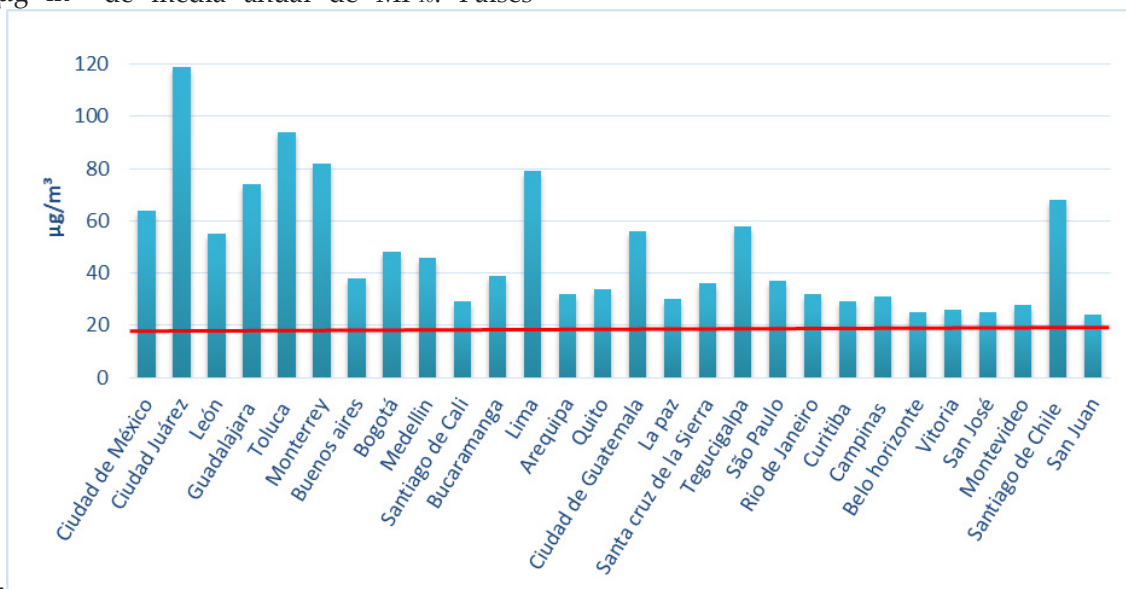


Figura 3. Concentração de material particulado MP_{10} para América Latina, entre 2010 e o 2014.

O limite fixado pela OMS visa minimizar ao máximo os riscos para a saúde, pois se considera que o material particulado exerce efeitos negativos à saúde mesmo em baixas concentrações. Ainda assim, não se identificou um limite seguro do qual não foram observados danos à saúde (WHO, 2005).

Na maioria das cidades onde o monitoramento da qualidade do ar é realizado, conforme mostrado nas Figuras 3 e 4, não estão em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela OMS para MP_{10} e $\text{MP}_{2,5}$.

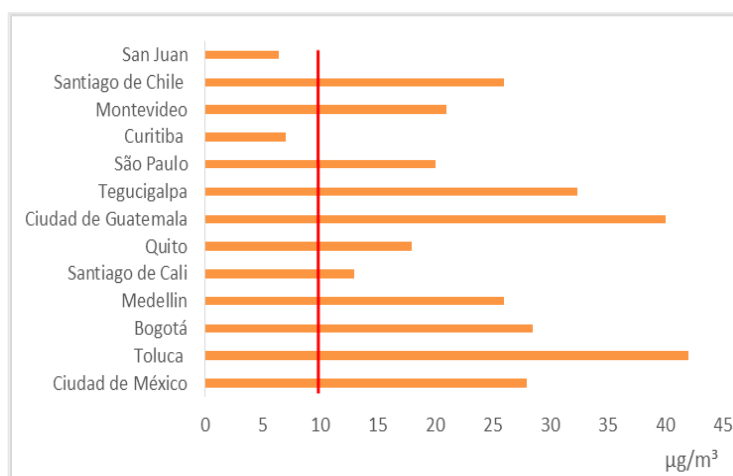


Figura 4. Concentração de Material Particulado $\text{MP}_{2,5}$ para América Latina, segundo os últimos relatórios, entre 2011 e 2013.

Na figura 5 são apresentadas as concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ das 13 cidades. Novamente, os valores mais elevados foram encontrados no México. Da mesma forma, a figura 4 mostra as concentrações de $MP_{2,5}$ das 13 cidades, com valores no intervalo de 6,4 a 42 $\mu\text{g m}^{-3}$, com uma concentração média anual de 23,7 $\mu\text{g m}^{-3}$. Em diretrizes da OMS o valor

padrão é de 10 $\mu\text{g m}^{-3}$ de concentração média anual de $MP_{2,5}$, conforme mostrado na Figura 4, com uma linha vermelha. Apenas 2 cidades apresentam valores inferiores aos recomendados (Figura 4), San Juan em Porto Rico e Curitiba no Brasil. Já nas outras 11 cidades, os limites de concentração são excedidos.

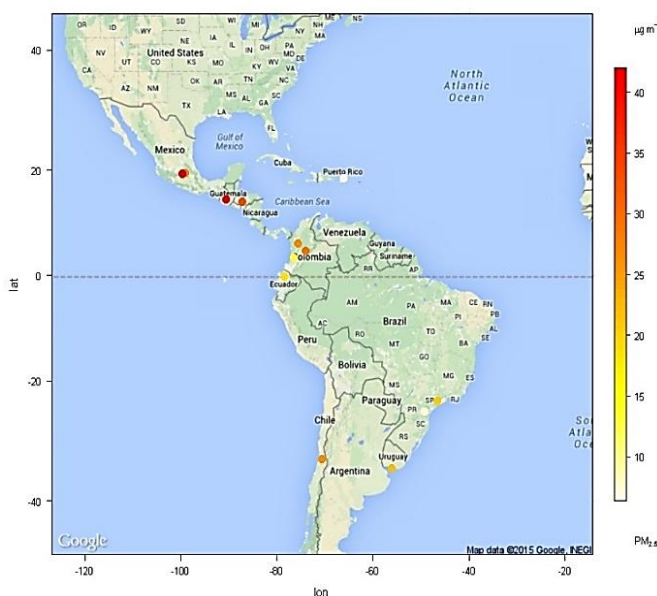


Figura 5. Concentração de Material Particulado $MP_{2,5}$ para América Latina, segundo os últimos relatórios, entre 2010 e 2014.

4 Discussões e Conclusão

Com base nos limites de concentração estabelecidos pela OMS, observa-se que na maioria das cidades são excedidos o limite de 20 $\mu\text{g.m}^{-3}$ anual para MP_{10} (WHO, 2005). Entre os fatores que influenciam na concentração de material particulado estão os efeitos locais, como a urbanização e a topografia (Urbina Guerrero, 2010), onde as condições não são favoráveis, para a dispersão e os poluentes tendem a permanecer por mais tempo suspensos na atmosfera. No caso de $MP_{2,5}$ são apenas duas cidades que apresentam valores abaixo do limite estabelecido pela OMS de 10 $\mu\text{g m}^{-3}$, em San Juan em Porto Rico e Curitiba no Brasil. Em Curitiba, há alguns dias com ocorrência de ultrapassagem.

No México, as condições topográficas, meteorológicas, além do crescimento populacional de algumas cidades como Guadalajara, justificam as elevadas concentrações de material particulado, pois estas

condições estão diretamente relacionadas com a dispersão dos poluentes. O grande período de estabilidade atmosférica local impede a mistura vertical do ar na região (SEMARNAP, 1997).

O material particulado fino é mais prejudicial para a saúde do que o grosso, pois tem maior facilidade de ingressar nas vias aéreas inferiores do sistema respiratório humano, devido ao tamanho microscópico. As maiores concentrações foram encontradas em Honduras e Guatemala. No caso da última, sua legislação não define limites e utiliza como referência os limites estabelecidos na legislação de Estado Unidos pela Agência de Proteção Ambiental (EPA; República de Guatemala). Por isso estes países necessitam de um melhor monitoramento e conhecimento das fontes de emissão específicas, a fim de identificar as áreas críticas com os níveis mais elevados de concentração, para a implementação de medidas e políticas de controle dirigida a redução das concentrações de poluentes atmosféricos. A qualidade da informação entre os países da América latina não é a mesma e os dados apresentam dificuldades de serem compilados. As informações sobre a

qualidade do ar ainda são limitadas, a qualidade dos dados é variável e a disponibilidade de dados é limitada na Internet, tornando o processo de coleta lento. Não existe uma padronização dos dados reportados pelos órgãos oficiais. Há uma necessidade da organização dos dados nos sites, para uma melhor comparação entre países, além de facilitar o acesso às informações como: o tipo de equipamentos de controle e a localização geográfica e os equipamentos das redes de monitoramento de qualidade do ar.

Estas limitações são fatores que influenciam a representatividade dos dados para a área total de estudo, de modo que é necessária a padronização dos dados de qualidade do ar e a sua divulgação em tempo real, garantindo a sua acessibilidade. Desta forma, pode-se contribuir para a pesquisa científica e à elaboração de medidas voltadas para a saúde.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), processo 404104/2013-4, CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), Fundação Araucária, órgãos ambientais pelos dados e ao Dr. Ricardo Godoi pelos dados de MP_{2,5} de Curitiba.

Referências

Anderson HR, Ponce de Leon A, Bland JM, Bower JS, and Strachan DP. Air pollution and daily mortality in London: 1987-92. *British Medical Journal* 1996; 312 (7032):665-669.

Arbex, M.A., de Paula Santos, U., Martins, L. C., Saldiva, P.H.N., Pereira, L.A.A. and Braga, A.L.F. A Poluição do Ar e o Sistema Respiratório. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. 2012; (38): 643-655.

Borja Aburto VH, Loomis DP, Bangdiwala SI, Shy CM, and Rascon Pacheco RA. Ozone, suspended particulates, and daily mortality in Mexico City. *American Journal of Epidemiology* 1997; 145 (3):258-268.

CAM: Calidad del Aire: Medellín. [Internet]. Medellín (Colombia): Área Metropolitana del valle de aburrá. Informe final, enero de 2012-marzo de 2013 [acesso em 2015 Julho 1]. Disponível em: [http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/lsdocCalidadAireUnal/Informe%20Medellin%20final%20\(Enero%202012%20-%20Marzo%202013\).pdf](http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/lsdocCalidadAireUnal/Informe%20Medellin%20final%20(Enero%202012%20-%20Marzo%202013).pdf)

CAI. La Calidad del Aire en América Latina: Una visión panorámica. [Internet]. Washington (EUA): Clear Air Institute (CAI). Março de 2013. [modificado Maio de 2013; acesso em 2015 Maio 10]. Disponível em: <http://www.cleanairinstitute.org/calidaddelaireamericalatina/cai-report-spanish.pdf>

Colbeck, I. Environmental chemistry of aerosols. 1st ed. New York: Wiley-Blackwell. 2008. Chapter 1: Physical and Chemical Properties of Atmospheric Aerosols; p. 28-34.

ECACR: Estado de la Calidad del Aire Área Metropolitana de Costa Rica. [Internet]. San José (Costa Rica): Universidade Nacional; 2012. [acesso em 2015 Maio 29]. Disponível em: <http://www.bvs.sa.cr/AMBIENTE/textos/quinto.pdf>

ECALM: Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana 2012. [Internet]. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. 2014 [acesso em 2015 Junho 1]. Disponível em: http://www.senamhi.gob.pe/usr/dgia/pdf_dgia_eval2012.pdf

Figueruelo, J. Marino, M. Química física del ambiente y de los procesos medioambientales. Barcelona (España): Reverté; 2004. 591 p.

GM: Gobernar las Metrópolis [Internet]. Washington (EUA): Banco Interamericano de Desarrollo. 2005. [acesso em 2015 Junho 5]. Disponível em: <http://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/445/Gobernar%20las%20metr%C3%B3polis.p>

[dfjsessionid=5B131A73D17853CD83084996E4A91D1E?sequence=2](http://www.inec.gov.pr/dfjsessionid=5B131A73D17853CD83084996E4A91D1E?sequence=2)

IA: Informe Ambiental. [Internet]. San Juan (Puerto Rico): Junta de Calidad Ambiental, Estado Libre Asociado de Puerto Rico. 2012 [acesso em 2015 Maio 29]. Disponível em: <http://www2.pr.gov/agencias/jca/publicaciones/Interes/Pages/InformesAmbientales.aspx>

IACA-a: Informe Anual de la Calidad del Aire. [Internet]. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, y Unidad de Cambio Climático. 2013 [acesso em 2015 Maio 25]. Disponível em: <http://es.scribd.com/doc/248548872/Primer-Informe-Monitoreo-Ciudad-2013-Final#scribd>

IACA-b: Informe Anual de Calidad de Aire. [Internet]. Santiago de Cali (Colombia): Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente. 2013 [acesso em 2015 Maio 30]. Disponível em: <http://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/bol-etines-calidad-del-aire-pub>

IACAB: Informe Anual Calidad del Aire de Bogotá 2012. [Internet]. Bogotá D.C (Colômbia): Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá. Maio 2013 [acesso em 2015 Junho 1]. Disponível em: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/con-la-comunidad/ES/informe-anual-calidad-del-aire-de-bogota-ano-2012>

IACAB: Informe Anual de Calidad del Aire Bucaramanga 2013. [Internet]. Bucaramanga (Colombia): Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. Março 18 de 2014. [Acesso em 2015 Julho 1]. Disponível em: [http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/lsdocCalidadAireUnal/Informe%20Medellin%20final%20\(Enero%202012%20-%20Marzo%202013\).pdf](http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/lsdocCalidadAireUnal/Informe%20Medellin%20final%20(Enero%202012%20-%20Marzo%202013).pdf)

ICAM: Informe de Calidad de Aire Montevideo 2012. [Internet]. Montevideo (Uruguay):

Intendencia de Montevideo, Departamento de Desarrollo Ambiental. [acesso em 2015 Junho 1]. Disponível em: <http://www.elpais.com.uy/uploads/files/2014/02/14/Informe%20de%20calidad%20del%20aire%20de%20la%20Intendencia.pdf>

ICAQ: Informe de la Calidad del Aire de Quito 2013. [Internet]. Quito (Equador): Secretaría de Ambiente. Março 2014 [acesso em 2015 Julho 1]. Disponível em: <http://190.152.144.74/paginas/articulos.html>

INCA: Informe Nacional de Calidad del Aire 2013. [Internet] México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2014 [acesso em 2015 Maio 25]. Disponível em: http://www.inecc.gob.mx/descargas/calaire/2014_inf_nal_calaire_mex.pdf

MAIA: Medio Ambiente, Informe anual 2014. [Internet]. Santiago de Chile (Chile): Instituto Nacional de Estadísticas. Fevereiro 2015 [acesso em 2015 Junho 4]. Disponível em: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_medio_ambiente/2014/informe-medio-ambiente2014.pdf

MACA: Monitoreo de aire de la ciudad de Arequipa 2012. [Internet]. Arequipa (Peru): Área de ecología protección del ambiente y salud ocupacional. 2013 [acesso em 2015 Junho 4]. Disponível em: <http://181.65.172.167/siararequipa/index.php?accion=verElemento&idElementoInformacion=171&verPor=tema&idTipoElemento=2&idTipoFuente>

Pope, C.A. III, Ezzati, M., Dockery, D.W. Fine-particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States. *The New England Journal of Medicine*. 2009 (360), 376-386.

República de Guatemala [Internet]. Programa de Calidad del Aire de INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología) para la República de Guatemala. Normas y Regulaciones. [acesso em

2015 Maio 10]. Disponível em: <http://www.insivumeh.gob.gt:8080/calidadaire/regulaciones.htm>

Roemer W, Hoek G, and Brunekreef B. Effect of ambient winter air pollution on respiratory health of children with chronic respiratory symptoms. *American Review of Respiratory Diseases*, 1993; 147 (1):118-124.

Saldiva PH, Pope CA, 3rd, Schwartz J et al. Air pollution and mortality in elderly people: a time series study in São Paulo, Brazil. *Archives of Environmental Health* 1995; (50):159-163.

<http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Docuents/Calidad%20del%20aire/Proaires/Proaires Anteriores/5 PROAIRE GUADALAJARA 1997-2001.pdf>

Urbina, V. Características das circulações locais em regiões metropolitanas do Chile Central. [Dissertação de Mestrado]. [São Paulo]: Universidade de São Paulo; 2010. 113 p.

Vallero, D. *Fundamentals of Air Pollution*. 4th ed. USA: Editorial Academic Press Elsevier; 2008. 942p.

Sartor F, Snacken R, Demuth C, and Walckiers D. Temperature, Ambiente Ozone Levels, and Mortality during Summer, 1994, in Belgium. *Environmental Research* 1995; (70):105-113.

SEMARNAP: Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. [Internet]. Mexico: Programa para el mejoramiento de la calidad del aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara. 1997-2001. [acesso em 2015 julho 5]. Disponível em:

WHO: World Health Organization. [Internet]. Geneva (Switzerland): Ambient (outdoor) air pollution in cities database. Maio 2014. [acesso em 2015 maio 29]. Disponível em: http://www.who.int/entity/quantifying_ghis/pacts/national/countryprofile/aap_pm_database_may2014.xls?ua=1

WHO: World Health Organization. [Internet]. Geneva (Switzerland): WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide; [atualizado 2005; acesso em 2015 Julio 5]. Available from: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/