

QUALIDADE DO AR

POLUIÇÃO DO AR: ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO EM GOIÂNIA, GOIÁS

Felipe Francisco de Castro Passos – felipe.passos@outlook.com.br
Universidade Federal de Goiás - UFG

Emiliano Lôbo de Godoi – emiliano@ufg.br
Universidade Federal de Goiás - UFG

Ernando Soares Araújo – ernando.esa@gmail.com
Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos
Metropolitanos - SECIMA

Resumo: A poluição atmosférica é algo difícil de ser controlado, mas necessário, e com o passar dos anos, a temática está se tornando cada vez mais relevante e discutida no meio científico. Sabendo-se que a poluição por material particulado em suspensão gera grandes implicações no bem-estar humano, este artigo buscou relacionar a concentração de material particulado presente no ar de Goiânia durante os anos de 2013 a 2015 com os possíveis efeitos na saúde, fazendo uso de dados obtidos pelo monitoramento da qualidade do ar em dois pontos da cidade. Pôde-se confirmar que nos locais amostrados, houve uma certa influência da sazonalidade climática, mas principalmente, pelas próprias características da área. Nos pontos estudados, observou-se que durante a maior parte do ano, a qualidade do ar é classificada como “regular” segundo o Índice de Qualidade do Ar fundamentado nos padrões e níveis de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03 de 1990. Com relação à saúde, conclui-se que devem ser feitos maiores investimentos no monitoramento da poluição atmosférica para que se possa efetivamente estabelecer uma análise comparativa entre os dados da amostragem e o número de internos com problemas respiratórios, de tal modo, que sejam fomentadas ações que garantem uma melhoria na qualidade de vida para a sociedade.

Palavras-chave: Qualidade do ar, Saúde, Partículas Totais em Suspensão, Goiânia.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Devido à necessidade inerente do ser humano de respirar e com a temática do desenvolvimento sustentável em pauta, com o passar dos anos, a poluição atmosférica vem sendo cada vez mais discutida. Hoje já se tem um consenso da relação entre a exposição ao material particulado e o impacto na saúde, o que gera efeitos que variam desde casos isolados até mais graves, como a morte. Diante desta preocupação, muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas em todo o mundo, como é o caso de César *et al.* (2013), Zanobetti e Peters (2015), Shahi *et al.* (2014) e entre outros, apresentando resultados que destacam a estreita relação entre a poluição do ar e manutenção da qualidade de vida e bem-estar humano.

Além disso, ao tratar da poluição atmosférica por material particulado, outros fatores devem ser considerados como: a umidade do ar, a área de dispersão, sazonalidade, direção e velocidade dos ventos, temperatura e posição geográfica (SOUZA *et al.*, 2014). Em especial, a sazonalidade climática e suas implicações sobre a saúde é objeto de estudo de pesquisadores como Silva Júnior *et al.* (2011) e Andrade *et al.* (2015), que em suas pesquisas concluíram que conforme a época do ano, os efeitos da concentração de poluentes podem ser mais visíveis, principalmente durante o inverno pois, ocorre um aumento significativo do número de internados com problemas cardiorrespiratórios.

Entende-se por material particulado em suspensão – MP, como as partículas finas de sólidos ou líquidos que estão suspensas no ar e é classificado conforme o diâmetro das partículas: MP_{2,5} possui o diâmetro menor que 2,5 µm e MP₁₀, menor que 10 µm. Já as Partículas Totais em Suspensão – PTS, abrangem todas as dimensões das partículas menores que 100 µm (CÉSAR *et al.*, 2013). Os efeitos na saúde também variam conforme o tamanho das partículas, sendo as menores mais nocivas (ARBEX *et al.*, 2012).

Assim, o presente trabalho buscou-se analisar quantitativa e qualitativamente os dados da concentração de PTS em Goiânia durante os anos de 2013 a 2015 com base nos padrões estabelecidos pelas legislações vigentes que tratam da poluição atmosférica: a Resolução CONAMA nº 03 de 1990 e o Decreto Estadual nº 1.745 de 1979, ressaltando os impactos da poluição atmosférica e seus efeitos deletérios sobre a saúde humana.

2. METODOLOGIA

Os dados referentes a poluição atmosférica de Goiânia foram obtidos a partir da amostragem feita pela Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos - SECIMA. A coleta foi realizada utilizando o método do Amostrador de Grande Volume, a partir do qual o ar é filtrado e as particuladas totais em suspensão ficam retidas no filtro de amostragem, sendo que, a concentração do poluente é dada pela razão da diferença entre a massa final e inicial do filtro pelo volume total de ar amostrado, corrigido para 25°C e 760 mmHg, em um período de 24 horas. O período estudo se refere aos anos de 2013, 2014 e 2015.

A SECIMA, em Goiânia, monitora dois pontos da cidade: a Praça Cívica e a Praça do Trabalhador; os dois locais se encontram no centro da cidade e são caracterizados pelo intenso tráfego de veículos. No caso da Praça Cívica, o sistema de amostragem é localizado em um espaço circundado por árvores o que pode subestimar os dados obtidos.

Em Goiânia, de acordo com estimativas do IBGE (2015), a população 2015 era de 1.430.697 habitantes, sendo que praticamente 85% se encontravam no perímetro urbano, além disso, a cidade possuía, em março de 2016, uma frota total de 1.107.033 veículos (DENATRAN, 2016). Segundo dados de 2013, em Goiânia existiam 3.539 estabelecimentos industriais cadastrados no Sistema FIEG e entre eles estão inclusos: construtoras, indústrias alimentícias, montadoras de veículos e entre outros que contribuem com a poluição atmosférica proporcionalmente às atividades desenvolvidas.

Outro ponto relevante para a caracterização dos pontos estudados é que a partir da classificação de Köppen-Geiger, Goiânia se situa na zona climática Cwb, caracterizada como um clima quente temperado tendo duas estações bem definidas: um verão chuvoso de outubro a março, e um inverno seco de abril a setembro. Ao tratar da concentração de poluentes atmosféricos, deve-se considerar a velocidade do vento, pois, contribui para a dispersão dos poluentes na atmosfera; a partir da amostragem feita pelo Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás – SIMEHGO, verificou-se que a velocidade média do ar em

Goiânia durante a estação seca é 2,4 m/s, enquanto na estação chuvosa, cerca de 1,4 m/s, portanto, não se observa mudanças significativas durante o ano.

A partir do exposto, fez-se uma busca na literatura e nas legislações vigentes em nível nacional e estadual referentes à concentração de PTS no ar: a Resolução CONAMA nº 03 de 1990 e o Decreto Estadual nº 1.745 de 1979, respectivamente, com o intuito de avaliar a qualidade do ar de Goiânia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta os valores médios mensais da concentração diária de PTS na Praça Cívica de Goiânia – Go, durante o período abordado.

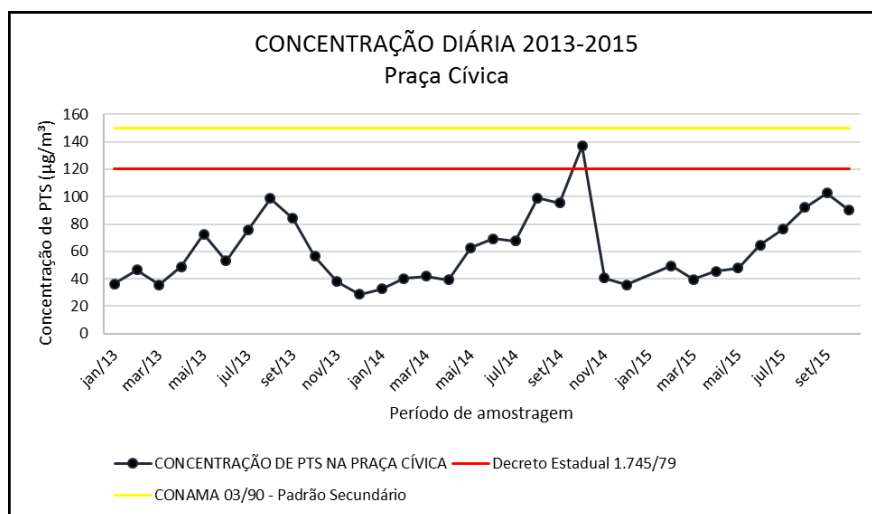


Figura 1 - Concentração diária de PTS na Praça Cívica no período de 2013 a 2015 (Fonte: GOIÁS, 2016).

A Figura 2 mostra a situação dos resultados médios mensais da concentração diária de PTS na Praça do Trabalhador durante o mesmo período.

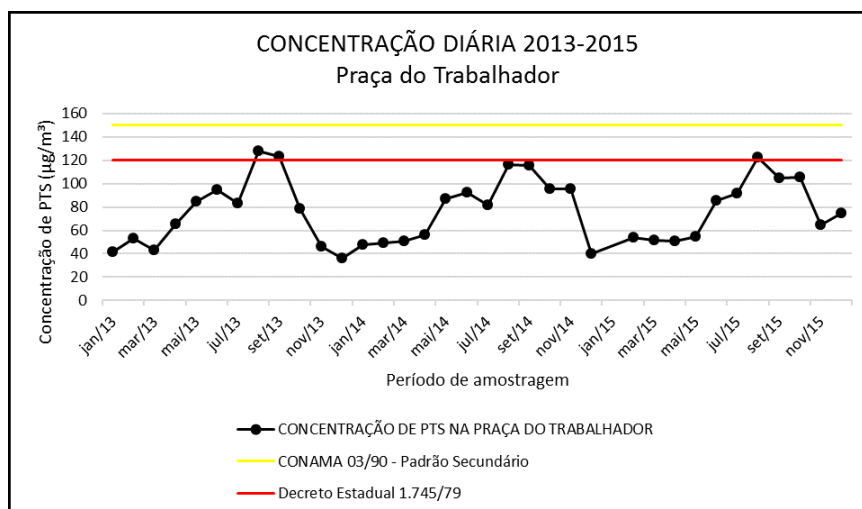


Figura 2 - Concentração diária de PTS na Praça do Trabalhador no período de 2013 a 2015. (Fonte: GOIÁS, 2016).

Nas figuras é possível observar a relação entre a concentração dos poluentes e os padrões diários instituídos pelas legislações CONAMA 03/90 e o Decreto Estadual 1745/79. Em ambos os textos, estabelece que os limites não podem ser ultrapassados mais de uma vez durante o ano, e ao observar os resultados da Praça do Trabalhador nota-se que em 2013 durante julho e setembro este limite foi excedido duas vezes com relação ao Decreto, e em 2015, houve uma ultrapassagem em agosto. Vale ressaltar, que a legislação estadual se mostra mais restritiva ao PTS em relação à Resolução, no entanto, ambas se mostram defasadas desde suas publicações e já se estuda sua reformulação para se adequar aos padrões internacionais estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde.

A Rodoviária de Goiânia se situa próximo da Praça do Trabalhador e se tornou um centro econômico importante para a Cidade pois, há um grande comércio à suas margens e há sempre um grande número de transeuntes na região. Ao observar os índices da poluição do ar deste local nota-se que há uma alta concentração de poluentes decorrentes do intenso tráfego de veículos, principalmente pelos ônibus que em muitos os casos, são modelos antigos e que lançam diariamente grande quantidade de material particulado decorrentes da combustão incompleta que ocorre nos motores de baixa eficiência; fator este deve ser de grande preocupação. Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Autopeças – Abipeças (2011), a idade média dos ônibus circulantes no país é de nove anos e quatro meses, enquanto em Goiânia, a idade média dos ônibus é de doze anos, valor acima da média nacional e da vida útil destes veículos, que é de dez anos.

Conforme abordado anteriormente, o ponto de amostragem na Praça Cívica pode ter seus valores subestimados devido à presença das árvores, portanto, os resultados apresentados podem estar inferiores ao serem comparados com a real concentração da área e por isso, se encontram abaixo dos níveis estabelecidos pelas legislações, com exceção do resultado obtido no mês de outubro que ultrapassou o padrão de qualidade definido pelo Decreto Estadual nº 1.745/1979.

A Praça Cívica é conhecida por ser o setor administrativo do Estado, o que leva muitas pessoas a trabalharem nesta região e devido a isto, ficam expostas diariamente ao material particulado emitido pelos automóveis que circulam a praça, o que pode acarretar uma série de problemas relacionados à saúde e bem-estar dos servidores.

Observando o comportamento da curva da concentração de PTS nos dois pontos de amostragens nota-se que há certos períodos durante o ano em que a concentração atinge altos valores, principalmente durante os meses de maio a setembro, o que pode estar relacionado com a sazonalidade climática. Na Figura 3 é apresentado a precipitação média dos anos de 2013, 2014 e 2015, em Goiânia.

Ao comparar as Figuras 1 e 2 com a Figura 3, observa-se que o comportamento é inversamente proporcional: ao aumentar a quantidade de chuvas, a concentração de material particulado diminui, fato já esperado pois, muitas das partículas são removidas do ar pela ação das águas de chuva (precipitação úmida). Como falado anteriormente, Goiânia é marcada pela presença de duas estações definidas, um verão chuvoso no primeiro e quarto trimestre do ano e um inverno seco no segundo e terceiro trimestre, assim, observa-se que o acúmulo de material particulado em suspensão principalmente durante os meses de julho a setembro está relacionado com a redução da precipitação neste período.

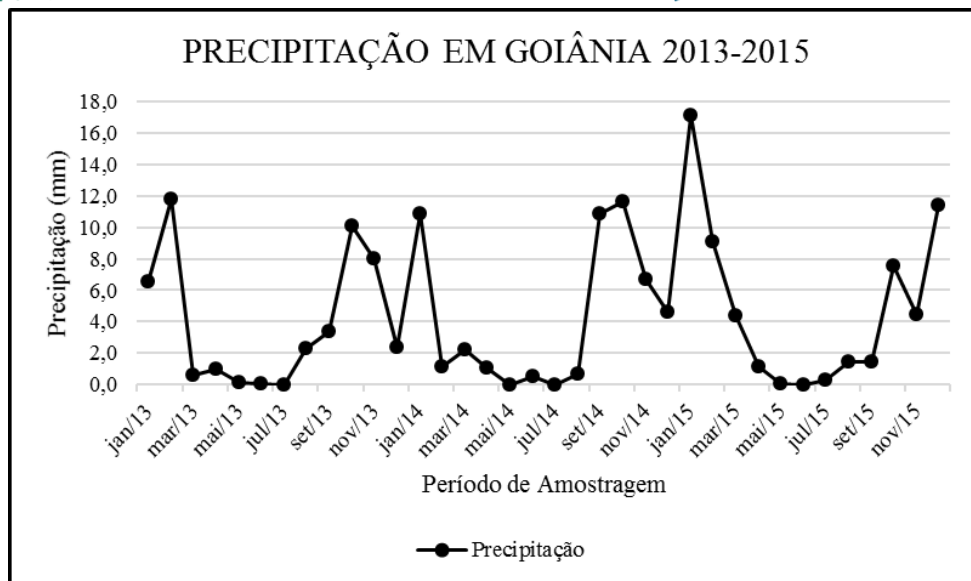


Figura 3 - Precipitação em Goiânia durante os anos de 2013 a 2015 (Fonte: ANA, 2016).

Conforme ressaltado por Andrade *et al.* (2015), no inverno é observado um maior número de atendimentos e internações de pessoas com doenças cardiorrespiratórias, principalmente, crianças e idosos, o que está associado com a poluição atmosférica e a baixa umidade característica do período.

Outro padrão segundo as legislações que deve ser analisado é a média geométrica anual para a concentração de PTS. Na Figura 4 é apresentado uma comparação entre os valores da média de PTS da Praça Cívica e a do Trabalhador entre os anos de 2013 e 2015.

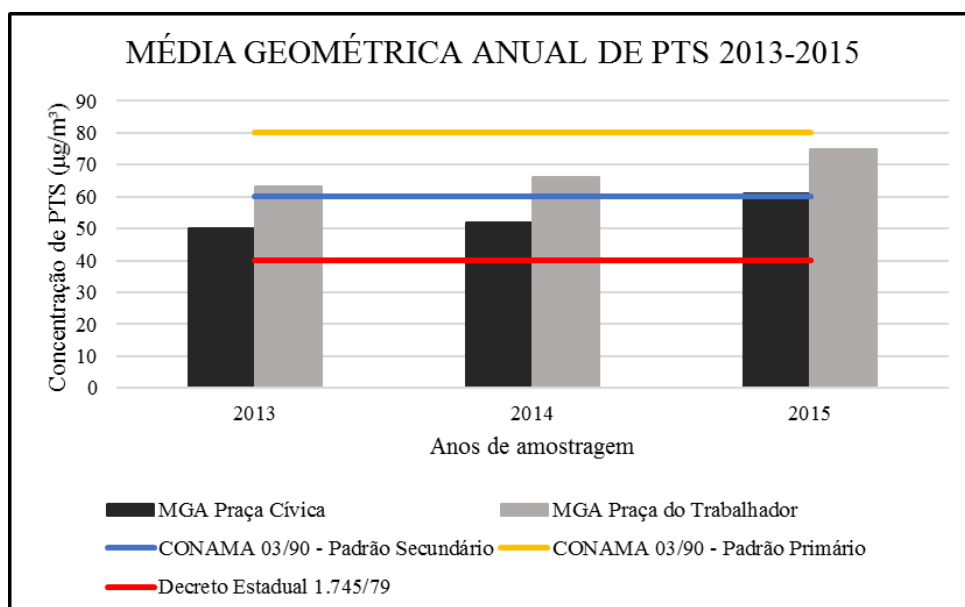


Figura 4 - Média Geométrica Anual de PTS na Praça Cívica e do Trabalhador para os anos de 2013 a 2015 (Fonte: GOIÁS, 2016).

Como esperado, os valores para a Praça do Trabalhador foram maiores que na Praça Cívica justamente pela região ter uma maior concentração diária de PTS. No entanto,

em ambos os pontos de amostragens, os resultados foram maiores do que o fixado pelo Decreto Estadual, sendo os dados da Praça do Trabalhador maiores que o padrão secundário estabelecido pela Resolução CONAMA e inferiores ao padrão primário. Portanto, segundo os conceitos definidos pela Resolução CONAMA 03/90, em ambos os casos, as concentrações não afetam à saúde da população.

O Índice de Qualidade do Ar – IQAr, é uma ferramenta que possibilita classificar qualitativamente a poluição do ar e relaciona-a com os níveis de cautela sobre a saúde. Ao fazer a leitura do IQAr dos dois pontos, nota-se que principalmente durante o quarto trimestre de cada ano, a concentração de PTS está acima de $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e segundo o índice, este período pode ser classificado como “regular” e por definição, o ar torna-se tolerável para a população, podendo, entretanto, causar problemas decorrente da poluição em pessoas mais sensíveis. Deve-se ressaltar que esse limite atende o padrão primário estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/1990, porém, está acima da média geométrica anual permitida por essa legislação. Percebe-se que nos outros períodos do ano, a poluição do ar é classificada como “boa” e não representa maiores perigos à população em geral, conforme padrões de qualidade definidos por essa Resolução.

Entretanto, segundo as pesquisas de Souza *et al.* (2014), a poluição atmosférica pode ter efeitos nocivos à saúde mesmo em níveis inferiores ao estabelecido por Lei, fato comprovado pelo estudo relacionando os poluentes atmosféricos, em especial o material particulado com diâmetro inferior a $10 \mu\text{m}$, e as internações hospitalares de crianças com problemas respiratórios no Espírito Santo. Os autores ainda ressaltam que o impacto da poluição atmosférica na qualidade de vida do ser humano deve ser a principal motivação para o seu monitoramento e controle.

Arbex *et al.* (2012) ainda ressalta que o material particulado pode diminuir a atividade mucociliar e dos macrófagos, capaz de causar irritação nas vias respiratórias, gerar um estresse oxidativo e, em consequência, inflamação pulmonar e sistêmica. Em uma exposição crônica pode produzir remodelamento brônquio e doença pulmonar obstrutiva crônica. Nos casos mais graves, o material particulado pode ser cancerígeno. Outros estudos como o de Apte *et al.* (2015), mostra que a exposição ao $\text{MP}_{2,5}$ causa uma redução média de 1,4 anos da expectativa de vida.

Como discutido anteriormente, o material particulado é classificado de acordo com o tamanho do diâmetro das partículas, sendo mais prejudiciais conforme diminui sua dimensão pois, possuem maior facilidade de atingir a corrente sanguínea devido à grande superfície de contato do sistema respiratório e o meio externo o que pode gerar efeitos deletérios em diversos órgãos e sistemas (ARBEX *et al.*, 2012). Como o parâmetro monitorado pela SECIMA é a concentração de partículas totais não há a quantidade especificada de cada tipo de material particulado segundo seu diâmetro, o que dificulta dimensionar os possíveis riscos associados à essa poluição.

Sabe-se que os efeitos do material particulado com relação a saúde dependem da faixa etária, crianças e idosos fazem parte do grupo mais vulnerável. Ao observar as perspectivas para 2060, mais de 12% da população terá mais 80 anos e 30% terá mais de 60 anos, assim, se torna mais uma justificativa para controlar e monitorar a poluição atmosférica visando manter a população o mais saudável possível, o que trará impactos na redução dos gastos na saúde e o aumento da qualidade de vida (BENTAYEB *et al.*, 2012).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os aspectos mencionados da análise quantitativa e qualitativa dos dados da concentração de PTS durante os anos de 2013 a 2015, em

Goiânia relacionando-os com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03 de 1990 e pelo Decreto Estadual nº 1.745 de 1979, é imprescindível que se invista em políticas públicas de longa duração e maior alcance pois, o ar algo dinâmico, abrangente e produto de uma série de fatores e que influencia diretamente na qualidade de vida e bem-estar da população.

Devido a essas características do ar, é incorreto comparar os resultados da poluição do ar de uma localidade para outra, no entanto, deve-se tê-los como base para nortear o estudo. Em razão disso e com os dados apresentados, foi apresentado o índice de qualidade do ar das regiões monitoradas, o qual não pode ser generalizado para toda a cidade de Goiânia.

Sabendo-se que a poluição atmosférica está se tornando um risco real à população, devem ser tomadas medidas preventivas para evitar maiores complicações futuras para a sociedade, visando uma melhor qualidade de vida e a redução dos gastos públicos decorrentes de internações e da morbidade.

Assim, para delimitar as soluções, primeiramente tem que se conhecer a problemática, por isso, são necessários maiores investimentos no monitoramento da poluição atmosférica para aumentar os pontos de amostragem e analisar outros poluentes estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90 e pelo Decreto Estadual 1.975/79 além do material particulado. Ainda deve-se fomentar pesquisas na área da poluição atmosférica para aumentar e proporcionar uma maior difusão do conhecimento sobre o tema, o que trará grandes benefícios para a população, principalmente ao tratar da expectativa e qualidade de vida.

Agradecimentos

À Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos pelo fornecimento dos dados da poluição atmosférica de Goiânia e ao Programa Jovens Talentos para a Ciência pelo apoio e incentivo.

5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

ABIPEÇAS (Associação Brasileira da Indústria de Autopeças). **Levantamento da frota circulante brasileira**. São Paulo, abr. 2011. Disponível em: <<http://www.sindipecas.org.br/area-atuacao/?co=s&a=frota-circulante#.VxWOG0fw83I>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

ANA (Agência Nacional de Águas). Banco de dados: pluviometria. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

ANDRADE, D. O. et al. Sazonalidade climática e hospitalizações em crianças menores de cinco anos com doença respiratória, Goiânia/GO. **Hygeia**, 11 (20): 99-105, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/27623>>. Acesso em: 01 abr. 2016.

APTE, Joshua S. et al. Addressing Global Mortality from Ambient PM_{2.5}. **Environ. Sci. Technol.** Washington, 16 jun. 2015, 49, 8057-8066. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.5b01236>>. Acesso em: 03 abr. 2016.

ARBEX, Marcos Abdo et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. **J. Bras. Pneumol.**, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 643-655, out. 2012. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-7132012000500015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03 abr. 2016.

BENTAYEB, M. *et al.* Adverse respiratory effects of outdoor air pollution in the elderly. **Int. J. Tuberc. Lung. Dis.**, 16(9): 1149-1161, 6 mar. 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22871325>>. Acesso em 28 mar. 2016

BRANCO, S. M.; MURGEL, E. **Poluição do Ar**. São Paulo: Moderna, 2 ed., 1999. 88 p.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução CONAMA nº 03 de 28 de janeiro de 1990. Disponível em: <http://www.mp.go.gov.br/nat_sucroalcooleiro/Documentos/legislacao/especifica/03.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2016.

DENATRAM (Departamento Nacional de Transito). Frota de veículos: março de 2016. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota2016.htm>>. Acesso em 02 mai. 2016.

GOIÁS. Decreto Estadual nº 1.745 de 06 de dezembro de 1979. Disponível em: <http://www.mp.go.gov.br/nat_sucroalcooleiro/Documentos/legislacao/especifica/03.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2016.

_____. Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos. **Relatório de Monitoramento Qualidade do Ar 2015: Partículas Totais em Suspensão**. Goiânia, mar. 2016.

_____. Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás. **Registro de Dados Meteorológicos: Goiânia - Heliponto**. Goiânia, 2015.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo 2010**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=520870&idtema=16&search=goias|goiania|sintese-das-informacoes>>. Acesso em 03 mar. 2016.

SHAHI, A. M. *et al.* The Effects of Air Pollution on Cardiovascular and Respiratory Causes of Emergency Admission. **Emergency**, 2(3); 107-114; Tehran, junho 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4614571/>>. Acesso em: 01 abr. 2015.

SILVA JUNIOR, José Laerte Rodrigues da *et al.* Efeito da sazonalidade climática na ocorrência de sintomas respiratórios em uma cidade de clima tropical. **J. Bras. Pneumol.**, São Paulo, v. 37, n. 6, p. 759-767, dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132011000600009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 abr. 2016.

SOUZA, Juliana Bottoni de *et al.* Componentes principais e modelagem linear generalizada na associação entre atendimento hospitalar e poluição do ar. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 48, n. 3, p. 451-458, jun. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102014000300451&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 02 abr. 2016.

ZANOBETTI, A.; PETERS, A. Disentangling interactions between atmospheric pollution and weather. **J. Epidemiol Community Health**, 69(7); 613-615; jul. 2015. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4451447/>>. Acesso em: 01 abr. 2016.