

Poluição atmosférica em cidades médias: uma proposta de avaliação para Rondonópolis-MT

DELEON DA SILVA LEANDRO*

FABIO ANGEOLETTO**

Resumo: As formas de quantificação e análise de poluentes atmosféricos são uma das formas de viabilizar o conceito de qualidade ambiental citada na Lei Federal 6938/1981. Não obstante, frequentemente nas cidades brasileiras, principalmente as pequenas e médias, a gestão para atingir os parâmetros aceitáveis de emissões de poluentes é negligenciada, ou há dificuldades de se encontrar uma forma para avaliar tais parâmetros. Neste artigo, analisamos métodos para o controle de poluição do ar em Rondonópolis. Avaliamos os índices de poluição atmosférica em Rondonópolis publicados pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Mato Grosso, e estabelecemos as principais fontes de emissão de poluentes em Rondonópolis, por meio de técnicas de bioindicação e biomonitoramento. Como resultado, observamos que alguns parâmetros da qualidade do ar estimados, como Material Particulado e Monóxido de Carbono, que são gases oriundos da combustão completa e incompleta de combustíveis, podem não ser suficientes para compreensão da complexidade da poluição atmosférica, e sobre seus impactos na saúde da população. Rondonópolis é uma cidade média de rápida urbanização, o que sugere que os impactos da poluição do ar aumentarão em um futuro breve. Portanto, formas de biomonitoramento como os que apresentamos aqui são fundamentais para a compreensão e equacionamento deste fenômeno.

Palavras-chave: Poluição Atmosférica; Qualidade Ambiental; Biomonitoramento; Planejamento Urbano; Ecologia Urbana.

Abstract: The forms of quantification and analysis of atmospheric pollutants are one of the ways to make feasible the concept of environmental quality cited in Brazilian Federal Law 6938/1981. However, often in small and medium-sized Brazilian cities, management to achieve acceptable emission parameters is neglected, or there are difficulties in finding a way to assess such parameters. In this article, we analyze methods for the control of air pollution in Rondonópolis, Brazil. We evaluated the atmospheric pollution indexes in Rondonópolis published by the State Department of Environment of Mato Grosso, and established the main sources of pollutant emission in Rondonópolis, through bioindication and biomonitoring techniques. As a result, we note that some estimated air quality parameters, such as particulate matter and carbon monoxide, which are gases from incomplete and complete combustion of fuels, may not be sufficient to understand the complexity of air pollution and its impacts on health of the population. Rondonópolis is a Brazilian medium-sized city of rapid urbanization, which suggests that the impacts of air pollution will increase in the near future. Therefore, forms of biomonitoring such as those presented here are fundamental for understanding and equating this phenomenon.

Key words: Atmospheric Pollution; Environmental Quality; Biomonitoring; Urban Planning; Urban Ecology.



* **DELEON DA SILVA LEANDRO** é Biólogo e mestrando em Geografia pela UFMT em Rondonópolis (MT).



** **FABIO ANGEOLETTO** é professor do Mestrado em Geografia da UFMT em Rondonópolis (MT).

Introdução

As metrópoles já não são mais as únicas locomotivas de crescimento em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Cada vez mais as cidades médias têm ocupado espaço em índices de crescimento urbano e econômico. No Brasil os maiores exportadores de *commodities* são as cidades médias – aquelas com populações entre 100 mil a 500 mil pessoas. No estado do Mato Grosso dá-se o mesmo fenômeno. Cidades como Rondonópolis (223.000 habitantes) respondem por quase 1/6 das exportações do estado, sendo a 29 maior exportadora do Brasil e segunda maior exportadora do estado (BRASIL, 2015).

O crescimento de Rondonópolis excede até mesmo a média nacional, principalmente por se localizar estrategicamente em uma região de conversão das *commodities* produzidas no estado do Mato Grosso, principalmente aquelas oriundas da pecuária e do agronegócio. Cidades economicamente promissoras atraem investimentos, o que redundará na instalação de polos industriais e forte crescimento demográfico. Contudo, esses fenômenos não estão desvinculados de um dramático aumento da poluição, em suas diferentes formas (ANGEOLETTO e SANTOS, 2015).

Os impactos ambientais provocados por ineficiência na gestão pública e o não cumprimento das principais leis ambientais de todas as esferas do poder, também se fazem sentir no ambiente urbano e não apenas em áreas rurais ou prístinas. Os estudos sobre a poluição são importantes por demonstrarem um cenário pouco favorável ao planejamento de cidades mais

sustentáveis, mais amigáveis à biodiversidade e projetadas para melhor qualidade de vida da população. E também por apontarem alguns caminhos para os câmbios necessários.

No Brasil mais de 84,4% da população vive em áreas urbanas (IBGE, 2008). As cidades brasileiras seguem, como sempre, prenhes de problemas. No que diz respeito à qualidade do ar, o cenário é igualmente pouco favorável. Braga e colaboradores (2001), pesquisadores com vários estudos sobre os agravos à saúde provocados pela poluição atmosférica, descrevem seus principais impactos. As crianças, adolescentes e idosos são as faixas etárias mais suscetíveis aos efeitos dos poluentes do ar. Os efeitos da poluição do ar são maiores nas regiões da cidade que apresentam os piores indicadores socioeconômicos. A poluição atmosférica também resulta em sérios impactos à biodiversidade urbana. Por exemplo, Bailly e colaboradores (2017) relacionam a poluição do ar ao tamanho corporal reduzido de populações de aves urbanas, em comparação àquelas estabelecidas em zonas rurais ou florestais.

O crescimento urbano nas cidades brasileiras usualmente desconsidera premissas ambientais. Especialmente no caso das cidades brasileiras que crescem mais rapidamente, como Rondonópolis, o planejamento urbano possui caráter estratégico na mitigação dos múltiplos impactos sociais e ambientais oriundos da urbanização. A gestão ambiental baseada em uma legislação ambiental sólida, como o plano diretor e o estatuto das cidades, por exemplo, pode ser um bom caminho rumo a um real desenvolvimento urbano sustentável (CARVALHO e BRAGA, 2001). Sem embargo, a gestão ambiental nas

idades brasileiras é usualmente ineficaz (ANGEOLETTO *et al* 2016).

Neste artigo, temos como objetivo demonstrar políticas públicas e métodos de análise para controle de poluição do ar em Rondonópolis. Tentando assim compreender como o monitoramento e o planejamento urbano ou a falta deles pode influenciar a qualidade ambiental. Posteriormente, como os objetivos característicos, avaliar índices de poluição atmosférica em Rondonópolis publicados pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Mato Grosso (SEMA-MT), quantificar as principais fontes de emissão de poluentes em Rondonópolis, monitorar poluição e alterações de qualidade do ar, por meio de técnicas de bioindicação e biomonitoramento e redigir recomendações de planejamento e gestão para mitigar os impactos causados sobre saúde e meio ambiente.

Sugerimos também algumas medidas mais eficazes de avaliação da contaminação atmosférica. A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) através da lei 6938/1981 define o monitoramento da qualidade ambiental do ar como um instrumento de acompanhamento do estado da qualidade ambiental, de avaliação dos impactos da poluição atmosférica e de ação indispensável à obrigatoria prestação, pelo poder público, de informações relativas ao meio ambiente. O decreto 99274/90, que regulamenta a PNMA, acrescenta a importância do monitoramento da poluição atmosférica, particularmente nas áreas críticas.

As principais fontes de emissão de poluentes que ocorrem no município de Rondonópolis são as fontes móveis, (ou seja, sua frota de veículos), e as fontes fixas (isto é, emissões de poluentes a

partir de parques industriais). Há uma distinção: atualmente, em muitas cidades do Brasil e do mundo, a frota de veículos apresenta maior efeito degenerativo da qualidade ambiental do que a própria indústria, outrora a vilã da poluição atmosférica em centros urbanos. De fato, nas cidades da América Latina, os veículos são os principais poluidores do ar (JACOBI e MACEDO, 2001). Isso ocorre devido a uma série de fatores, como crescimento da renda média da população (mais renda, mais veículos), subsídios econômicos para a aquisição de veículos e a queda da oferta de transporte público de qualidade, este, um problema recorrente em Rondonópolis.

Engarrafamentos, atropelamentos, mutilações e mortes. Poluição generalizada, fragmentação de ecossistemas, danos à saúde pública e à biodiversidade urbana. A relação dos impactos provocados por um modelo de transporte excessivamente baseado em veículos privados é extensa (ANGEOLETTO, 2012). No Brasil, os veículos privados das cidades com mais de 60.000 habitantes são responsáveis por 80% da emissão de poluentes por fontes móveis. Nessas cidades, os veículos privados (automóveis e motocicletas) emitem 4,9 vezes mais poluentes do que os veículos destinados aos transportes públicos. (BRASIL, 2014).

Mundialmente, cerca de 42% do gás estufa dióxido de carbono (CO₂) é emitido por veículos privados, e a espantosa capacidade de contaminação do ar por automóveis e motocicletas levou a União Europeia a considerar o transporte como a causa individual mais daninha ao meio ambiente (BETTINI, 1998).

A maioria dos municípios brasileiros de porte médio não possuem estações de monitoramento do ar (ANGEOLETTO *et al* 2016). No caso da cidade de Rondonópolis, sua única forma de monitoramento do ar não é capaz de detectar e mensurar a contaminação na totalidade da mancha urbana. Com o fito de discutir as estimativas de poluição atmosférica emitidas pelo modelo estatístico CATT BRAMS, utilizamos os dados produzidos pelo CPTEC/INPE e publicadas pela SEMA (Secretária Estadual de Meio Ambiente do Mato Grosso). Esse sistema regional de modelagem atmosférica é baseado no sistema regional de modelagem atmosférica (WALKO *et al.*, 2000) com desenvolvimentos específicos para regiões tropicais e subtropicais (FREITAS *et al.*, 2009). É em muitas cidades, a única forma de mensuração da poluição atmosférica

(MANTOVANI; NASCIMENTO; MOREIRA, 2014).

Para a compreensão da área de influência da poluição atmosférica nas principais vias de tráfego de Rondonópolis, consideramos os estudos de Reis (2014). Reis observou que ao longo da BR-153, rodovia que atravessa o perímetro urbano de Goiânia, cidade com clima similar à região de Rondonópolis, os poluentes podem ser dispersos por uma distância de até 300 metros. Com essa informação, avaliamos a área de influência da poluição das duas principais vias que convergem para a região central da cidade (as avenidas Dom Pedro II e Fernando C. Costa), conforme a figura 1. Nessa imagem, é possível constatar que a área de influência da poluição emitida nessas duas vias, extrapola quase que totalmente a região central da cidade, próximo da prefeitura de Rondonópolis.

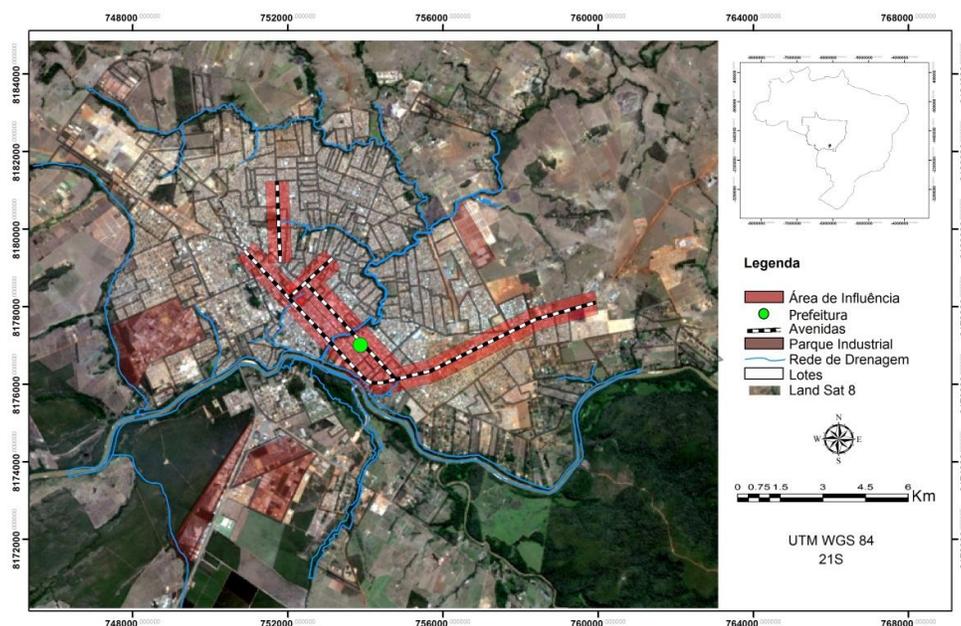


Figura 1: A zona de Influência dos poluentes emitidos por veículos nas avenidas Dom Pedro e Fernando C. Costa. **Fonte:** do autor

Análises e perspectivas futuras para a avaliação da poluição atmosférica nas cidades brasileiras

Os gráficos que apresentamos nas figuras 2 e 3 revelam uma piora na qualidade do ar, em relação aos poluentes CO e MP^{2.5}. Em outro gráfico (figura 4), descrevemos a evolução da frota de veículos de Rondonópolis, entre 2006 e 2015, de acordo com as informações da página web IBGE cidades. Nesse período, é dramático o aumento da circulação das fontes móveis de poluição: a frota praticamente triplica.

Para elaborar os gráficos de evolução da poluição e frota de veículos utilizamos os boletins informativos da SEMA-MT disponíveis dos últimos anos e lançamos em planilha eletrônica para demonstrar sua evolução. Assim como obtivemos dados do IBGE cidades dos últimos 10 anos, para observar evolução de frotas de veículos.

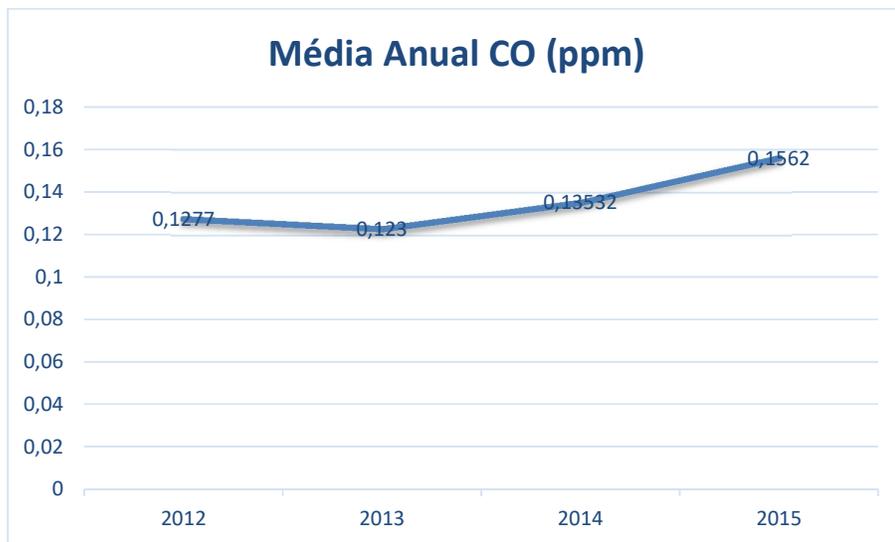


Figura 2: Médias anuais de emissões de Monóxido de Carbono detectado pelo modelo estatístico CATT BRAMS. **Fonte:** INPE/SEMA-MT

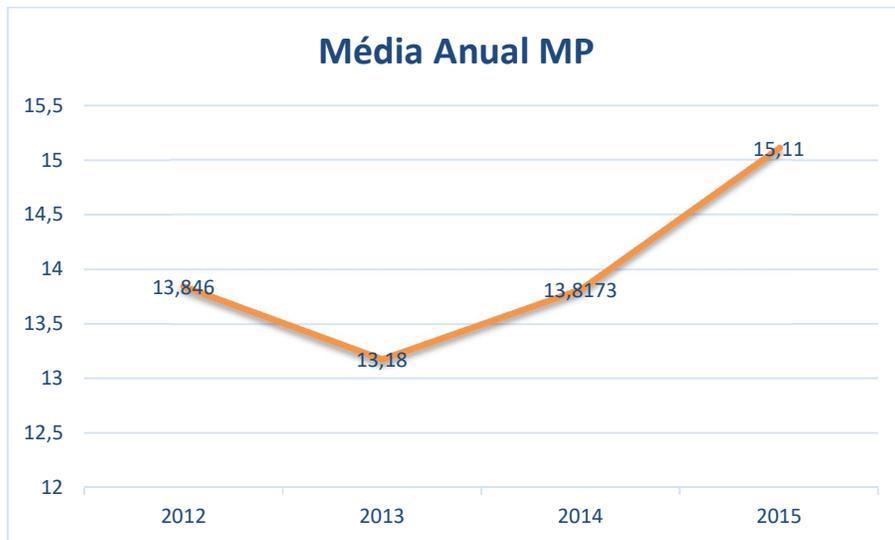


Figura 3: Médias anuais de Material Particulado 2,5 µg/m³ detectado pelo modelo estatístico CATT BRAMS. **Fonte:** INPE/SEMA-MT

Ainda que esteja além do escopo deste artigo analisar e avaliar todas as implicações da poluição atmosférica em Rondonópolis, é possível afirmar que o CATT BRAMS não deve ser a única forma de monitoramento da poluição atmosférica, devido à complexidade e amplitude em que se dá a dispersão

desses poluentes. A eficácia do monitoramento do modelo CATT BRAMS é ainda mais questionável, no caso de Rondonópolis, onde há dezenas de vias tráfego e outras fontes de poluição que concentram fluxos diários de milhares de veículos.

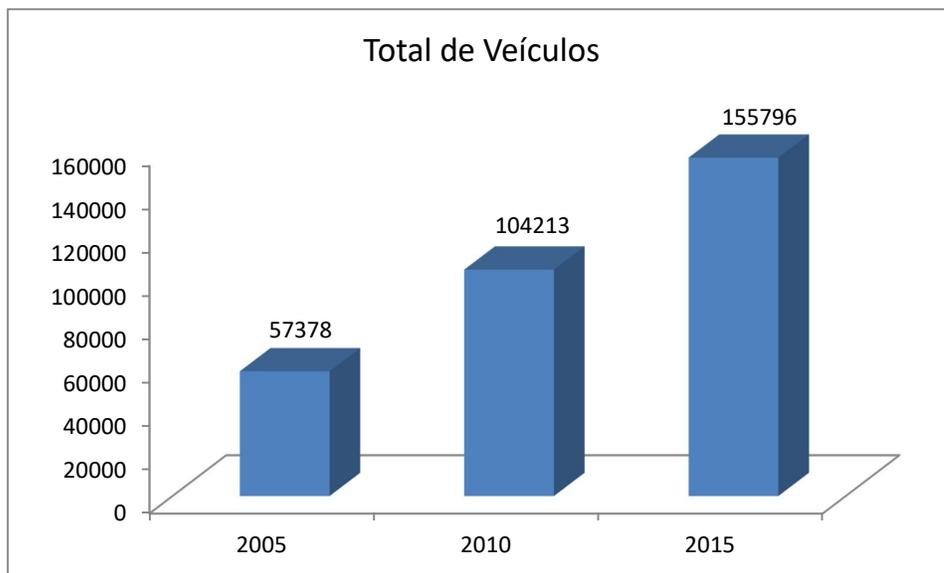


Figura 4: Crescimento da frota de veículos de Rondonópolis, período 2005 a 2015. **Fonte:** IBGE Cidades

Alternativas para o Monitoramento da Poluição Atmosférica

Outras formas de monitoramento podem ser utilizadas, de modo a produzir mais informações em cidades com condições escassas de avaliação da contaminação do ar, como Rondonópolis, onde não há recursos suficientes para manter estações de monitoramento. Advogamos a utilização de métodos de biomonitoramento, como os descritos a seguir, e que lograram apontar com sucesso a ocorrência de poluição atmosférica nas cidades de Madrid e Roma.

A bióloga Amparo Dueñas (2012), analisou os níveis de hemoglobina de populações urbanas e rurais de pardais (*Passer domesticus*), e descobriu que, devido à poluição do ar, os pássaros das áreas urbanas de Madrid possuem níveis muito menores de hemoglobina, quando comparados às populações de pardais rurais, estes, saudáveis. O pardal, uma ave cosmopolita, pode ser usado como bioindicador de poluição atmosférica, e a metodologia desenvolvida pela bióloga madrilenha pode ser reproduzida em cidades que não contam com estações de medição da qualidade do ar.

Em outro estudo, as pesquisadoras Gratani, Crescente e Varone (2008) da Universidade de Roma, constataram que a maior fonte emissora de metais pesados é a frota de veículos da capital italiana. O método de avaliação consistiu na análise de folhas de carvalho (*Quercus ilex*), uma espécie amplamente utilizada na arborização urbana da Cidade Eterna.

Nós estamos replicando as metodologias de biomonitoramento da poluição atmosférica propostas por Dueñas e Gratani e Varone em Rondonópolis (Figura 5). Para tanto, contamos com a assessoria técnica dos professores José Ignacio Aguirre (orientador de doutorado de Amparo Dueñas na Universidade Complutense de Madrid) e Laura Varone (Universidade de Roma). Esses experts estiveram em Rondonópolis no segundo semestre de 2016, compartilhando suas técnicas de biomonitoramento. Tais metodologias, ademais de eficazes na detecção da poluição do ar, também apresentam a vantagem de serem pouco custosas. Estamos biomonitorando a contaminação do ar em todas as avenidas de Rondonópolis, e nossos primeiros resultados detectaram poluição atmosférica em todos os locais analisados.

Ademais, a forma atual de monitoramento existente até o presente momento do trabalho não é capaz de detectar todas as fontes de poluição atmosférica. Pois o monitoramento deve ser diverso, móvel e contínuo para uma análise real da poluição como um todo.

Entretanto já podemos listar como possíveis explicações o grande número de queimadas e o aumento dramático da frota de veículos circulando em Rondonópolis. Através de uma abordagem metodológica que inclui o biomonitoramento na poluição atmosférica, esperamos constatar que a poluição do ar em Rondonópolis tem impactos mensuráveis na saúde humana e também na biodiversidade urbana.



Figura 5: Biomonitoramento da poluição atmosférica em Rondonópolis, através da análise da morfofisiológica de *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)

Conclui-se que medir a poluição é de grande importância para o estabelecimento de padrões adequados de qualidade ambiental urbana nas cidades brasileiras. Caso os parâmetros se encontrem em evolução, como detectamos em Rondonópolis, fica patente a necessidade de reformulação de políticas públicas, para que tais parâmetros retornem ou se sejam o mais baixo possível, já que não existem níveis seguros de exposição à poluição.

Referências

ANGEOLETTO, F. **Planeta Ciudad: Ecología urbana y planificación de ciudades medias de Brasil**. 2012. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Ecologia Urbana, Universidad Autónoma de Madrid, 2012.

ANGEOLETTO, F. et al. Tipología Socio-Ambiental de las Ciudades Medias de Brasil: Aportes para un Desarrollo Urbano Sostenible. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 8(20): 272-287, 2016.

ANGEOLETTO, F.; SANTOS, J.W.M.C. Los biólogos brasileños no habitan en el planeta ciudad: por qué es urgente formar ecólogos urbanos. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 14, n. 165, p. 74-82, 2015.

BAILLY, Juliette et al. Multi-element analysis of blood samples in a passerine species: excesses and deficiencies of trace elements in an urbanization study. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 5, p. 6, 2017.

BETTINI, V. **Elementos de Ecología Urbana**. Madrid, 1998.

BRAGA, Alfesio LF et al. Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in São Paulo, Brazil. **Pediatric pulmonology**, v. 31, n. 2, p. 106-113, 2001.

BRASIL. Decreto n. 99274/90 de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União: Brasília**, edição de 7 de junho de 1990.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. (2014). **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. 2013. Brasília: SNSA/MCIDADES. 181 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. **Balança Comercial – Exportações: 2015**. Disponível em <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-municipios>. Acesso em 13.08.2016.

- BRASIL. Lei nº. 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 de setembro de 1981. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>. Acesso em 03.12.2016.
- CARVALHO, PF. de; BRAGA, R. Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias. Rio Claro. **Revista LPM-UNESP**, n. 3 p. 95-109. 2001.
- DUEÑAS, AH. **El estrés oxidativo en el gorrion común (*Passer domesticus*) como indicador ambiental en un gradiente urbano del centro de la Península Ibérica.** Teses (Master) - Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, 2012.
- FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; SILVA DIAS, M. A. F.; CHATFIELD, R.; SILVA DIAS, P.; ARTAXO, P.; ANDREAE, M. O.; GRELL, G.; RODRIGUES, L. F.; FAZENDA, A.; PANETTA, J.: The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS) – Part 1: Model description and evaluation, **Atmos. Chem. Phys.**, 9, 2843–2861, doi:10.5194/acp-9-2843-2009, 2009.
- GRATANI, L., CRESCENTE, M.F.; VARONE, L. Long-term monitoring of metal pollution by urban trees. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 35, p. 8273–8277, 2008.
- IBGE, **Frotas.** Disponível em <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?Lang=&codmum=510760&idtema=139&search=matogrosso|rondonopolis|frota-2014>. Acesso em 15.04.2016.
- IBGE, **Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF 2008-2009** Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/popula>
- cao/estimativa2008/metodologia.pdf Acesso em 22.04.2016.
- JACOBI, P. R.; MACEDO, L. S. V.; Consciência dos cidadãos e poluição atmosférica na região metropolitana de São Paulo, RMSP. **Cepal**, n. 36, p. 1543, 2001.
- MANTOVANI, K. C. C.; NASCIMENTO L. F.; MOREIRA, D. S. Estudo do modelo CATT BRAMS como auxílio às pesquisas de dados de poluentes ambientais: Guaratinguetá: **Revista Científica On-line** v. 3, n. 1, dezembro de 2014. Acesso em <http://www.fatecguaratingueta.edu.br/revista/index.php/RCO-TGH/article/view/44/54>. Acesso em 23.05.2016.
- REIS, A.F. **Análise da dispersão de poluentes de origem veicular na BR-153 e sua relação com o uso do solo em área urbana do município de Goiânia.** 2014. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia do Meio Ambiente - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
- SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO (SEMA-MT). **Boletim de Qualidade do Ar.** Disponível em: http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=861&Itemid=359. Acesso em 03.05.2016.
- WALKO, R. L, BAND, L., BARON, J., KITTEL, F., LAMMERS, R., LEE, T., OJIMA, D., PIELKE, R., TAYLOR, C., TAGUE, C., TREMBACK, C., and VIDALE, P.: Coupled atmosphere-biophysics-hydrology models for environmental modeling, **J. Appl. Meteorol.**, n. 39, p. 931–944, doi:10.1175/1520-0450(2000)039<0931:CABHMF>2.0.CO;2, 2000.

Recebido em 2017-02-11
Publicado em 2017-11-03