

EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS DOS ÔNIBUS INTERMUNICIPAIS DO ESTADO DE GOIÁS

EMISSIONS OF AIR POLLUTANTS BY INTERCITY BUSES OF GOIÁS STATE

LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DE LOS AUTOBUSES INTERURBANOS EL ESTADO DE GOIÁS

Weeberb João Réquia

Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade Católica de Brasília (2006), M.Sc. em Planejamento e Gestão Ambiental pela Universidade Católica de Brasília (2011). Atualmente é doutorando em Geociências Aplicadas pela Universidade de Brasília e Pesquisador do Centro Interdisciplinar de Estudos em Transporte (Universidade de Brasília) – weeberb@gmail.com

Camila Mascarenhas Florentino

Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Católica de Brasília
cmascarenhasflorentino@gmail.com

RESUMO

O desenvolvimento dos meios de transporte vem alcançando cada vez mais espaço. Devido a essa expansão, as consequências negativas ao meio ambiente estão tomando novos espaços nas discussões relacionadas ao transporte sustentável. Dentre os diversos impactos ambientais oriundos dos sistemas de transporte, destaca-se a emissão de poluentes atmosféricos. O presente estudo buscou quantificar as emissões atmosféricas dos ônibus e avaliar a diferença entre os tipos de poluentes emitidos, por meio de dados específicos da frota de ônibus intermunicipais do estado de Goiás em 2010. O CO₂ apresentou a maior quantidade (105.861,26t). Em seguida, vieram os hidrocarbonetos não metano (921,08t), CO (185,18t), NO_x (56,2t) e MP (36,39t). Esses resultados mostraram que a emissão no estado de Goiás não é muito elevada quando comparada com o total de emissão no Brasil. Contudo, isso não descarta a necessidade de inserir iniciativas sustentáveis no sistema de transporte rodoviário do estado de Goiás.

Palavras-chave: Transporte terrestre. Poluição atmosférica. Frota de ônibus.

ABSTRACT

The development of means of transportation has increasingly gotten more space. Due to this expansion, the negative consequences to the environment are taking new spaces in discussions related to sustainable transportation. Among the various environmental impacts from the transportation systems, it can be highlighted the emission of air pollutants. The present study aimed to quantify the atmospheric emissions from buses and evaluate the difference between the types of pollutants emitted, by means of data specific to the intercity buses fleet in the state of Goiás, Brazil in 2010. The CO₂ showed the highest amount (105,861.26 t). The following ones were the non-methane hydrocarbons (921.08 t), CO (185.18 t), NO_x (56.2 t) and MP (36.39 t). These results showed that the emission in Goiás state is not very high when compared with the total emission in Brazil. However, this does not rule out the need to introduce sustainable initiatives in the road transportation system in the Goiás state.

Key words: Land transport. Air pollution. Bus fleet.

RESUMEN

El desarrollo de los medios de transporte está alcanzando cada vez más espacio. Debido a esta expansión, las consecuencias negativas para el medio ambiente están tomando nuevos espacios en los debates relacionados con el transporte sostenible. Entre los diversos impactos ambientales de los sistemas de transporte, se pone de relieve la cuestión de los contaminantes atmosféricos. El presente estudio buscó, por medio de datos específicos de la flota de bus intermunicipal del estado de Goiás en 2010, cuantificar las emisiones atmosféricas de los autobuses y evaluar la diferencia entre los tipos de contaminantes que se emiten. El CO₂ mostró la mayor cantidad (105.861,26 t). Luego vinieron los hidrocarburos no metánicos (921,08 t), CO (185,18 t), NO_x (56,2 t) y MP (36,39 t). Estos resultados muestran que la emisión en el estado de Goiás no es muy alta en comparación con el total de la emisión en Brasil. Sin embargo, no se descarta la necesidad de introducir iniciativas sostenibles en el sistema de transporte por carretera en el estado de Goiás.

Palabras clave: Transporte terrestre; Contaminación atmosférica; Flota de autobuses.

INTRODUÇÃO

Os meios de transporte estão em constante crescimento no contexto mundial. As sociedades possuem necessidade desses meios para o deslocamento de cargas e de passageiros (Kousoulidouet al., 2008). Os Estados Unidos possuem a maior taxa de motorização dentre todas as nações, 83 veículos para cada 100 habitantes. O Brasil apresenta uma taxa de 15 veículos (IPEA, 2011). Por outro lado, os sistemas de transportes, seja aéreo, aquaviário ou terrestre, geram consequências negativas ao meio ambiente. As emissões de poluentes atmosféricos se destacam No conjunto de impactos ambientais provocados pelos meios de transporte (Chang e Hu, 2008; Vaz e Nogueira, 2004; Vieira et al., 2004; Barrett et al., 2010).

A poluição do ar é entendida pelo aumento da concentração de gases e particulados na atmosfera, ao ponto que, tornem o ar noivo ou ofensivo aos seres vivos - Resolução Conama nº 003/1990 (Brasil, 1990). Nesse sentido, a vegetação (Cetesb, 2011), os recursos hídricos (Lovett e Tear, 2008), a economia (Hawken et al., 2007), e sobretudo as pessoas (Réquia et al., 2011; Wang et al., 2011), sofrem com os efeitos de um ar poluído. A elevada concentração de oxigênio no ar atmosférico (20%) e os ventos não são capazes de aliviar os efeitos da poluição em áreas que possuem fonte de emissão pontual ou difusa (Mota e Corrêa, 1998).

O tipo de poluente emitido é dependente da fonte de emissão. O transporte terrestre, especificamente os veículos automotores (fonte de emissão difusa), emitem

principalmente o dióxido de carbono - CO₂, o monóxido de carbono - CO, o óxido de nitrogênio - NO_x, o hidrocarboneto - HC e o material particulado - MP (WHO, 2005; MMA, 2011). A título exemplificativo, 25% do CO₂ presente na atmosfera global é proveniente dos meios de transporte (Ko et al., 2011). Quanto ao NO_x, em torno de 22% é proveniente da queima de biomassa, e 25% dos sistemas de transportes (United Nations, 2007). Em relação ao CO, a queima de biomassa é a maior fonte de emissão mundial, emite em torno de 45%, enquanto os meios de transporte respondem por 20% (United Nations, 2007). E segundo Takeshita (2011), o transporte rodoviário foi responsável por 21,2% da emissão global de MP.

Nesse contexto, estudos relacionados às emissões atmosféricas subsidiam as políticas públicas direcionadas ao meio ambiente, aos meios de transportes e aos sistemas de saúde (Brake e Nelson, 2007; Costa et al., 2004; Barrett et al., 2010; Brook et al., 2010). Destacam-se, também, que os modelos de dispersão de poluição atmosférica representam melhor a realidade, quando são alimentados por um conjunto de dados específicos da região de estudo (Fonseca, 2010). Assim, o conhecimento das emissões originárias da frota de ônibus do estado de Goiás (GO) aperfeiçoaria a representatividade dos modelos atmosféricos da respectiva região. Nesse sentido, este trabalho teve o objetivo de quantificar as emissões atmosféricas dos ônibus que fazem o percurso intermunicipal do estado de GO.

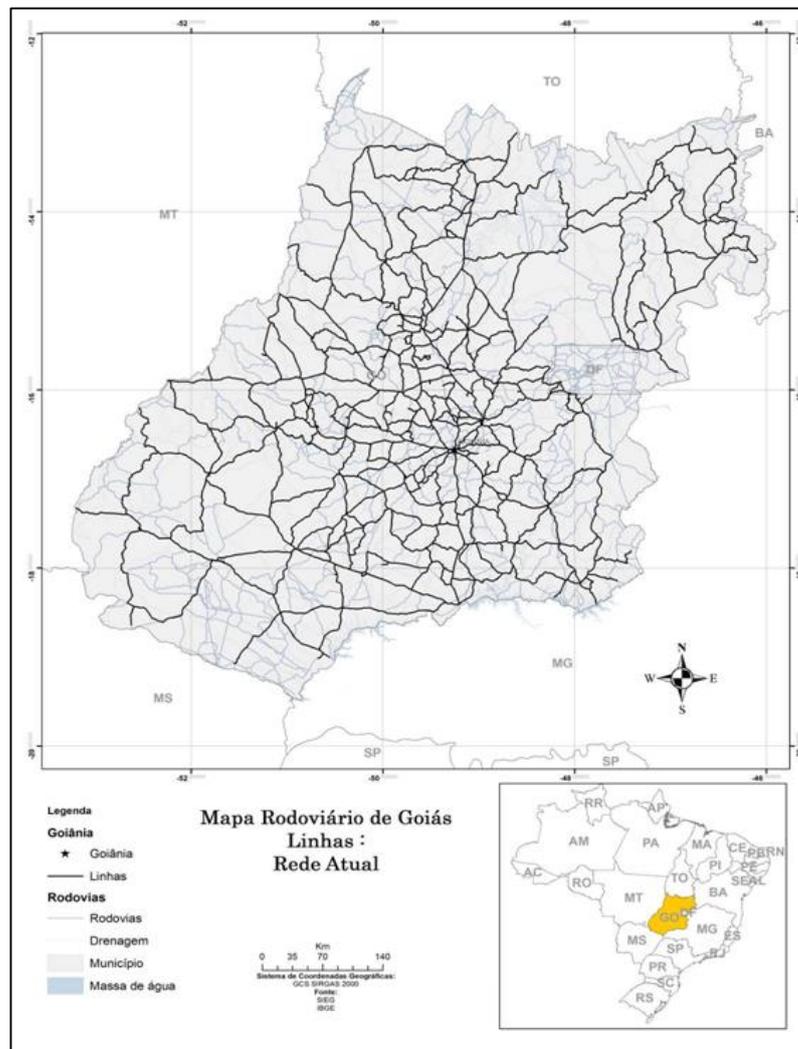
METODOLOGIA

O presente estudo foi delimitado para o estado de GO. A agência reguladora (AGR) do estado forneceu o banco de dados relacionado ao transporte.

Em 2010, os ônibus rodoviários que compunham o serviço regular de transporte intermunicipal de passageiros do estado de Goiás realizaram mais de 500 mil viagens, transportaram em torno de 12 milhões e 400 mil pessoas e percorreram mais de 50 milhões quilômetros. Esses dados são referentes ao universo de 35 empresas, totalizando 358

linhas¹ ativas. A ilustração⁰¹ mostra o mapa geral de todas as linhas intermunicipais no ano de 2010.

Ilustração⁰¹: Mapa geral das linhas intermunicipais do estado de Goiás.



(Fonte: Ceftru/UnB)

Inicialmente foram calculadas, conforme a Equação 1 (MMA, 2011), as taxas de emissões de CO, CO₂, MP, NO_x e hidrocarbonetos não metano (NMHC) procedentes das linhas de ônibus intermunicipais do estado de GO do ano de 2010.

¹Linha é um serviço de transporte rodoviário coletivo de passageiros executado em uma ligação de dois pontos terminais, com itinerário definido no ato de sua delegação mediante permissão da ANTT.

*EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS DOS ÔNIBUS INTERMUNICIPAIS DO
ESTADO DE GOIÁS*

$$E_{i,y} = \frac{Fr_y \times Iu_y \times Fe_i}{1.000.000} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

E = taxa de emissão (toneladas - t);

Fr = frota circulante (número de veículos);

Iu = intensidade de uso (quilometragem percorrida no ano de 2010 - km);

Fe = fator de emissão (grama de poluente por quilômetro rodado - g/km);

i = tipo de poluente (CO, CO₂, MP, NO_x, NMHC);

y = linha de ônibus.

Quanto ao fator de emissão (Fe), estudos no Brasil que objetivam mensurar a emissão atmosférica do transporte terrestre utilizam os dados divulgados pelo Balanço Energético Nacional - BEM (Brasil, 2007). Os dados são divulgados conforme a classificação dos veículos que, de acordo com o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), podem ser caracterizados por “L” para veículos leves e “P” para veículos pesados. Contudo, para compor o valor de Fe, deve ser levado em consideração o tipo de combustível que o veículo consome e idade do veículo. Assim, pela falta de conhecimento da idade de cada veículo na frota estudada, foi adotada a média dos fatores de emissão determinados pelas fases do PROCONVE (Tabela 1) para veículos pesados.

Tabela 1 - Fator de emissão (g/km)

FASES DO PROCONVE ²	CO	MP	NOx	NMHC
P1 e P2	2,32	0,823	0,85	13,34
P3	2,08	0,409	0,69	8,43
P4	1,14	0,16	0,39	8,23
P5	1,06	0,099	0,2	5,95
P7	1,11	0,024	0,21	2,4
MÉDIA	1,542	0,303	0,468	7,67

Fonte: Brasil, 2007

Já o Fe do CO₂ foi determinado pelo valor de 2,671 kg/l de diesel - combustível utilizado pelos ônibus (MMA, 2011). Porém, a unidade kg/l é diferente da unidade adotada para calcular a taxa de emissão do poluente (Equação 1). Deste modo, fez-se necessário o cálculo da conversão de unidade utilizando o dado divulgado por Vicentini (2010) - ônibus rodoviários possuem uma autonomia média de 3,03 km/l de diesel. O resultado encontrado na conversão (881,53 g/km) foi o valor utilizado para o Fe de CO₂.

Por fim, calculou-se a emissão originária de toda a frota de ônibus intermunicipal do estado de GO (Equação 2).

$$Et_i = \sum_{i=1}^n E_{i,y} \quad \text{Equação (2)}$$

²Fases implantadas segundo cronogramas diferenciados. P1 e P2 (1990-1993) início da produção de motores com níveis de emissão menores, nesse período não havia limites legais para emissão gasosa e material particulado. P3 (1994-1997) desenvolvimento de motores com menor consumo de combustível, aumento de potência e redução das emissões de NOx, além de ser uma fase que obteve uma redução drástica na emissão de CO e HC. P4 (1998-2002) reduziu ainda mais os limites criados pela fase P3. P5 (2003-2008) teve como objetivo a redução de emissões de MP, NOx e HC. P6 (2009-2011) em janeiro de 2009 deveria ter se dado o início à fase P6, conforme Resolução CONAMA nº 315/2002, e cujo objetivo principal era o mesmo da fase cinco (P5), porém em razão de atrasos na especificação do diesel a ser comercializado e consequentemente a inviabilização da produção de combustíveis a fase P6 não foi implantada na data prevista. P7(2012-2016) esta fase implicará na disponibilização ao mercado de um óleo diesel com teor de 10 ppm de enxofre, resultando numa redução ainda maior das emissões (Brasil, 2007).

EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS DOS ÔNIBUS INTERMUNICIPAIS DO ESTADO DE GOIÁS

Onde:

Et = emissão total (t);

i = tipo de poluente (CO, CO₂, MP, NO_x, NMHC);

y = linha de ônibus.

A análise de dados foi realizada com a utilização dos seguintes métodos estatísticos: teste de Análise de Variância (Anova) e teste de Tukey.

RESULTADOS

O CO₂ teve a maior média de emissão (295,70 t ± 1.220,69 t) entre as 358 linhas em estudo do estado de GO no ano de 2010. Contudo, o desvio padrão encontrado foi elevado, podendo-se inferir que as emissões de CO₂ nas linhas intermunicipais do estado de GO não obedeceram a um padrão. A não padronização foi observada também nas emissões dos demais poluentes. A Tabela 2 sintetiza os valores descritivos das emissões de poluentes das linhas em estudo.

Tabela 2 - Valores descritivos das emissões de poluentes (t) das linhas intermunicipais do estado de GO do ano de 2010

POLUENTE	MÉDIA	DV	MÁXIMO	MÍNIMO
CO	0,52	2,13	37,33	*
CO ₂	295,70	1220,69	21341,84	*
MP	0,10	0,42	7,33	*
NO _x	0,16	0,65	11,33	*
NMHC	2,57	10,62	185,69	*

DV - desvio padrão

* valor insignificante ($> 10^{-6}$)

O material particulado (MP) foi o poluente que teve a menor média de emissão (0,10t ± 0,42). Observa-se que o CO₂ apresentou o maior valor de emissão. Quanto ao valor mínimo, percebe-se que o estado de GO possui linhas que emitem uma quantidade

insignificante de poluente (Tabela 2). Esse fato pode estar relacionado aos seguintes fatores: extensão da linha, número de viagens realizadas no ano de 2010 e a frota.

Com objetivo de analisar as diferenças significativas ($p=0,05$) das médias de cada poluente, aplicou-se o teste Anova. O resultado do teste mostrou que há diferença entre as médias de cada poluente ($F_{\text{calculado}} = 20,89 > F_{\text{crítico}} = 2,38$). Em seguida, aplicou-se o teste de Tukey para a identificação de quais poluentes diferem entre si (Tabela 3).

Tabela 3 - Comparação entre as médias de cada poluente

COMPARAÇÃO ENTRE OS POLUENTES		RESULTADO DO TESTE DE TUKEY ($p = 0,05$)
CO	CO ₂	N
	MP	N
	NO _x	N
	NMHC	N
CO ₂	MP	S*
	NO _x	S*
	NMHC	S*
MP	NO _x	N
	NMHC	N
NO _x	NMHC	N

S* - há diferença entre as médias dos poluentes

N- não há diferença entre as médias dos poluentes

Os resultados do teste de Tukey indicaram que o CO, o MP, NO_x e o NMHC não diferem entre si. Já o CO₂ difere significativamente dos poluentes em estudo, com exceção do CO (Tabela 3). Deduz-se que o CO₂ é o poluente com maior peso das emissões advindas do transporte intermunicipal do estado de GO. Essa dedução pode ser comprovada com a associação das informações da Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4.

Com a aplicação da Equação 2 encontrou-se o valor total das emissões no ano de 2010 (Tabela 4).

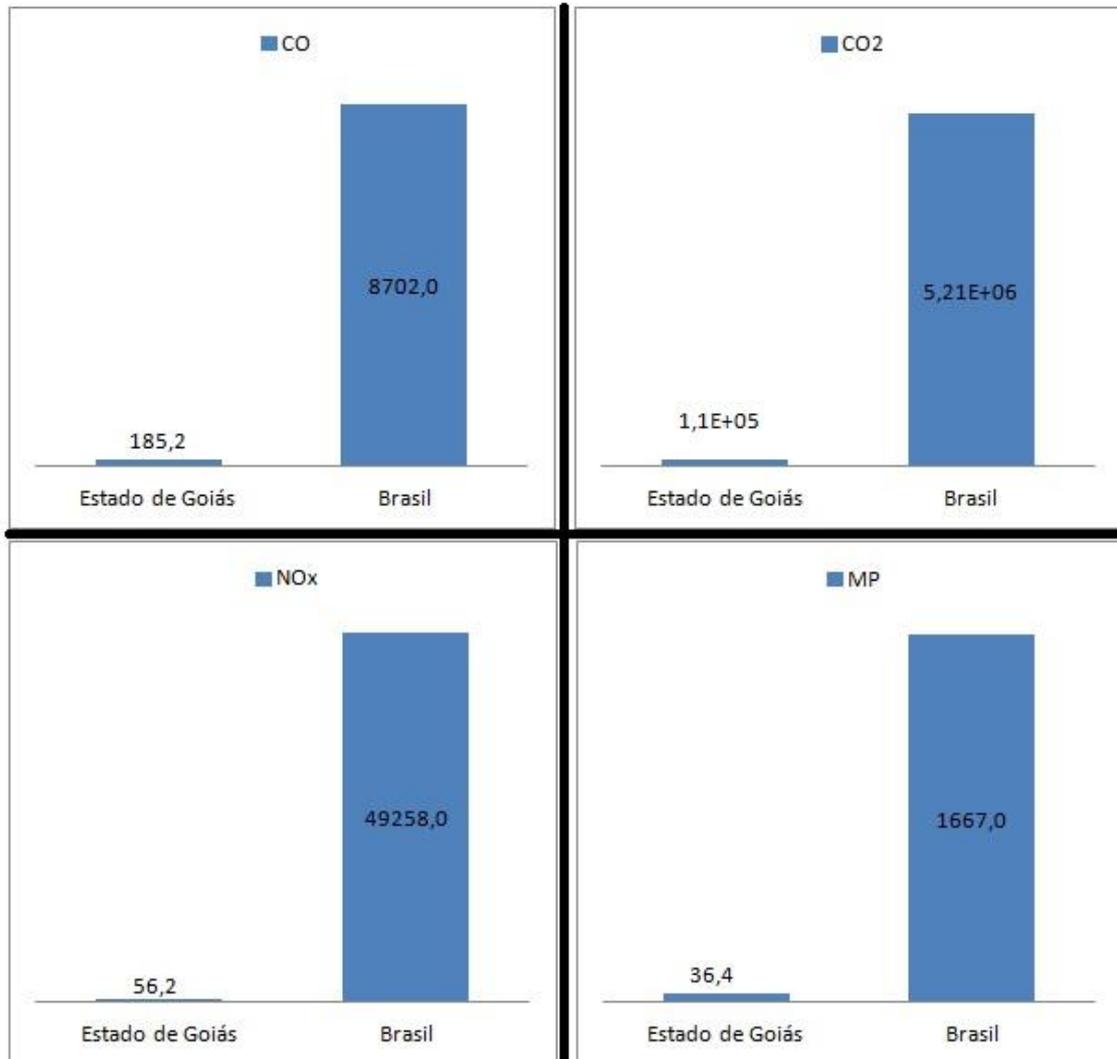
EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS DOS ÔNIBUS INTERMUNICIPAIS DO ESTADO DE GOIÁS

Tabela 4 - Emissão total de poluentes atmosféricos procedentes da frota de ônibus intermunicipal do estado de GO no ano de 2010

POLUENTE	EMISSÃO TOTAL EM 2010 (t)
CO	185,18
CO₂	105.861,26
MP	36,39
NO_x	56,20
NMHC	921,08

Os resultados da Tabela 4 foram comparados com o total das emissões no Brasil (MMA, 2011), conforme a Ilustração 2. Ressalta-se que os dados do poluente NMHC não foram confrontados, pois não havia informações condizentes referentes às emissões totais no Brasil. A comparação dos dados de GO com os dados do Brasil obedeceu à seguinte premissa: todos os dados são referentes ao ano de 2010, à categoria de veículos a diesel - ônibus rodoviários.

Ilustração 2 - Comparação das emissões de poluentes do Estado de GO com as emissões do Brasil (em toneladas)



As emissões dos gases CO e CO₂ no estado de GO representaram, respectivamente, 2,13% e 2,03% das emissões brasileiras. O MP foi o poluente que teve a maior proporção, representou 2,18% das emissões do país. Já o NO_x teve a menor proporção, 0,11% das emissões.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no estado do Goiás não diferem de outros lugares no mundo, em que o valor obtido para o dióxido de carbono sempre é maior que os demais poluentes analisados. Ong al. (2011) mostra que na Malásia a emissão de CO₂ (1.286,35 x 10³ t) é expressivamente maior do que os valores encontrados para CO (4.180 t), NO_x (16.440 t) e MP (710 t). Na Turquia, especificamente para o transporte rodoviário, são emitidos 5.709 x 10³ t de CO₂, 15.000 t de CO, 2.610 t de MP e 5.500 t de NO_x (Soylu, 2007). Em Sardenia, na Itália, Bellasioet al. (2007) também encontrou resultados similares aos encontrados pela presente pesquisa.

Em consequência dessa emissão, a população é impactada diretamente. A cada ano milhares de pessoas de todas as idades sofrem com problemas respiratórios, principalmente a asma. Réquia (2011) observou que o aumento do número de óbitos e internações por doenças respiratórias está correlacionado positivamente com o aumento da poluição atmosférica.

Para que haja uma diminuição nesses níveis de poluição é preciso adotar políticas que visam à implantação de um sistema de transporte rodoviário sustentável como, por exemplo, a qualidade do combustível, a idade da frota, a velocidade média em cada viagem, estudos que analisem a qualidade do combustível e estudos referentes à extensão das linhas. Segundo Wang et.al (2011), para redução de médio a longo prazo do CO₂ é necessário uma melhoria nos combustíveis dos veículos novos.

No caso do estado de Goiás os resultados encontrados não são muito relevantes se levarmos em consideração o tamanho do Brasil e a relação do desenvolvimento estadual comparados a outras unidades federativas, como São Paulo. Porém é necessária uma iniciativa em busca da sustentabilidade do sistema para que não haja problemas de proporções maiores futuramente.

CONCLUSÕES

A pesquisa aqui apresentada teve o objetivo de mensurar a quantidade de poluentes emitidos pelos ônibus que realizam o percurso intermunicipal, no estado de GO, no ano de 2010. Os resultados mostraram que o gás CO₂ é o mais expressivo e o que se difere em comparação com os demais poluentes. Essa expressividade e diferença foram encontradas, também, em outros estudos.

Ainda há muito para se conhecer sobre a relação existente entre os meios de transporte, poluição do ar e saúde humana. Novos estudos poderiam ser realizados para agregar aos conhecimentos já adquiridos, por exemplo, os impactos causados à saúde humana devido às emissões de poluentes do setor de transporte; comparação dos resultados encontrados por esta pesquisa com um inventário do estado de GO; relação entre extensão da linha, quantidade de ônibus, passageiros transportados, custo do transporte e a emissão de poluentes atmosféricos.

Destaca-se, a influência dos temas meios de transporte e meio ambiente como subsídio à orientação das políticas públicas. A questão da mobilidade sustentável é um desafio para os próximos anos. O desafio para os tomadores de decisão, especificamente para o transporte público, será a escolha do tipo de veículos que transportam mais pessoas e que poluem menos.

REFERÊNCIAS

BARRETT, Steven R. H.; BRITTER, Rex E.; WAITZ, Ian A. **Global mortality attributable to aircraft cruise emissions.** Environmental Science & Technology, v.44, n.19, p.7736-7742, 2010.

BELLASIO, R. et al. **Emission inventory for the road transport sector in Sardinia (Italy).** Atmospheric Environment, v.41, p.677-691, 2007.

BRAKE, Jenny; NELSON, John D. **A case study of flexible solutions to transport demand in a deregulated environment.** Journal of Transport Geography, v.15. 2007.

BRASIL. **Resolução Conama nº03.** Brasília, 1990.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030.** Brasília, 2007.

BROOK, Robert D. et al. **Particulate matter air pollution and cardiovascular disease.** Na update to the scientific statement from the american heart association. Journal of the American Heart Association, v.16, 2010.

CETESB. **Qualidade do solo.** Disponível em:
< <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/> >. Acesso em: 20 de outubro de 2011.

CHANG, Tsang-Jung; HU, Ting-Shing. **Transport mechanisms of airborne particulate matters in partitioned indoor environment.** Building and Environment, v.43. 2008.

COSTA, Marcela S.; DICKEY, John W.; SILVA, Antônio N. R. **Formulação de políticas de mobilidade sustentável com auxílio dos pacotes Cyberquest e Quantitative Cyberquest.** XVIII Congresso de pesquisa e ensino em transportes - XVIII ANPET. Rio de Janeiro, 2004.

FONSECA, Fernanda V. T. et al. **Estudo do processo de dispersão de emissões veiculares em uma microrregião de Belo Horizonte (MG) utilizando simulação numérica.** Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.15, n.4, p.315 - 324. 2010.

HAWKEN, Paul; LOVINS, Amory; LOVINS, Hunter. **Capitalismo Natural: criando a próxima revolução industrial.** São Paulo: Cultrix, 2007.

ONG, H. C. et al. **A review on emissions and mitigation strategies for road transport in Malaysia.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.15, p.3516-3522, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS (IPEA). **Poluição veicular atmosférica.** Brasília, 2011.

KO, Joonho et al. **Who produces the most CO₂ emissions for trips in the Seoul metropolis area?** Transportation Research, part D 16. 2011.

KONSOULIDOU, Marina et al. **Road-transport emission projections to 2020 in European urban environments.** Atmospheric Environment, v.42. 2008.

LOVETT, Gary M.; TEAR, Timothy H. **Air pollution impacts on ecosystems and biological diversity in the eastern United States.** The Nature Conservancy and The Cary Institute of Ecosystem Studies, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **1º Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários.** Brasília, 2011.

MOTA, A; CORRÊA, R.S. Modelo de qualidade do ar em Brasília. *Universa – Revista da Universidade Católica de Brasília*, v. 6, n.1, p. 29 – 38, 1998.

RÉQUIA, Weeberb J. J.; ABREU, Lucijane Monteiro. **Poluição atmosférica e a saúde de crianças e idosos no Distrito Federal no período de 2007 a 2009: utilização do método de correlação com time delay.** *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v.7, p.95-108, 2011.

SOYLU, Seref. **Estimation of Turkish Road transport emissions.** *Energy Policy*, v.35, p.4088-4094, 2007.

TAKESHITA, Takayuki. **Global scenarios of air pollutant emissions from road transport through to 2050.** *Int. J. Environ. Res. Public Health*, v.8, p.3032-3062, 2011.

UNITED NATIONS. **Hemispheric transport of air pollution 2007.** *Air pollution studies* n°16. Nova York, 2007.

EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS DOS ÔNIBUS INTERMUNICIPAIS DO ESTADO DE GOIÁS

VAZ, Fátima C. P.; NOGUEIRA, Robson S. **Redução de dióxido de carbono através da maior utilização da modalidade hidroviária no transporte de passageiros:** um estudo de caso da ligação Rio-Niterói. XVIII Congresso de pesquisa e ensino em transportes - XVIII ANPET. Rio de Janeiro, 2004.

VICENTINI, Pedro C. **Metodologia para o inventário de emissões evaporativas provenientes do sistema de alimentação de combustível de veículos do ciclo Otto:** desempenho de produtos em motores. Petrobras, 2010.

VIEIRA, Heitor et al. **O estudo do impacto da circulação de veículos motorizados na praia do cassino através de parâmetros físicos.** XVIII Congresso de pesquisa e ensino em transportes - XVIII ANPET. Rio de Janeiro, 2004.

WANG, Haikun et al. **CO₂ and pollutant emissions from passenger cars in China.** Energy Policy, v.3, nº13, 2011.

WANG, Hongibin et al. **Understanding peak pedestrian exposures due to traffic emissions within the urban environment.** Transportation Research, part D 16, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Health effects of transport-related air pollution.** Denmark: World Health Organization, 2005.