

LEVANTAMENTO DO FLUXO DE ONIBUS E ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA REGIÃO NOROESTE DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS – SP

Jefferson Ramilo dos Santos¹

Meiry Helen Sousa Bordim²

Joice Machado Garcia³

Regina Márcia Longo⁴

Poluição Atmosférica

Resumo

O estudo realizado neste artigo teve como objetivo o levantamento do fluxo de ônibus em um cruzamento de vias na região noroeste do município de Campinas e uma estimativa da emissão pontual de Gases de efeito estufa (GEE). Presume-se que, quanto maior é o fluxo de veículos em uma determinada região ou cidade, mais problemas relacionados a esse fluxo irão surgir. Para a realização deste trabalho coletou-se dados em cinco dias da semana, entre 7 e 8 horas da manhã em um ponto de cruzamento da avenida John Boyd Dunlop. Para a estimativa de emissão de gases do efeito estufa utilizou-se a metodologia do Produto-05, do Inventário de Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana de Campinas (2018). O cálculo das emissões de GEE de fontes moveis é o produto do consumo de combustível em volume, poder calorífico interno do combustível, fator de emissão e potencial de aquecimento global. O estudo levantou, a existência de uma média diária de 119 ônibus, onde se descoloram preferencialmente dos bairros do Campo Grande para a região central do município. A estimativa de emissão média diária entre as 7h e 8h da manhã nos dias estudados ficou em 0,01931 tCO₂e.

Palavras-chave: Poluição atmosférica; Mudanças climáticas; Fluxo de veículos.

¹Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Campus I, eng.ramilo@gmail.com.

²Mestranda em Sistemas de Infraestrutura Urbana na Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Campus I, meiryhelenbordim@gmail.com.

³Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Campus I, joice_garcia@hotmail.com.

⁴Professora Doutora na Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Campus I, Departamento de Pós-Graduação, rmlongo@uol.com.br.



INTRODUÇÃO

Dutra (2007) relata que entre os principais poluentes nocivos à saúde, têm-se o monóxido de carbono (CO₂), os hidrocarbonetos (HC), os materiais particulados, os óxidos de nitrogênio (NO_x) e os de enxofre (SO_x), sendo os automóveis a principal fonte destes poluentes razão da redução da qualidade do ar nas áreas urbanizadas. O relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*, (2016) trouxe a confirmação científica das mudanças climáticas, confirmando que a elevação da temperatura média global está correlacionada diretamente ao drástico aumento do uso de combustíveis fósseis.

Leal *et al.*, (2009) presume que, quanto maior o fluxo de veículos em uma determinada região ou cidade, mais problemas relacionados a esse fluxo irão surgir, o que torna a questão das vias de acesso importante, e fortalece a relevância de haver estudos que visem estimar qual a contribuição da via no grau de poluição das cidades. Principalmente porque as emissões industriais são conhecidas e muitas delas são monitoradas pelos órgãos públicos de fiscalização, porém o mesmo não ocorre com a via de transporte, que não possui pontos de monitoramento de emissão de poluentes veiculares (LEAL *et al.*; 2009).

Segundo Vital, (2018) apesar do CO₂ representar 65% da contribuição nas emissões mundiais de GEE, os potenciais destrutivos do metano e do óxido nitroso são, respectivamente, 24 e 298 vezes maiores do que o CO₂. As principais fonte de emissão do CO₂ mundial são principalmente o consumo de combustíveis fósseis e processos industriais (VITAL, 2018).

As emissões de GEE veicular ocorrem no motor e no cano de escapamento por reações químicas atreladas ao processo de combustão, sendo emitidos principalmente os seguintes poluentes: monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, ácidos orgânicos e material particulado (ANDRADE, SANTOS, 2009).

Scarpinella (2002) comenta que dentre os tratados internacionais a respeito do meio ambiente, o Protocolo de Quioto é o de maior relevância em termos da redução das emissões dos GEE's, pois seus 28 artigos articulavam-se em prol de definir propostas

mais concretas e eficazes para real redução das emissões dos GEE's pelas partes signatárias.

Ferraz e Motta (2008) revelam em seus estudos que as poluições atmosféricas oriundas dos veículos, ficam ainda mais alarmantes quando apresentam alto fluxo de tráfego, principalmente de veículos pesados. O número elevado de veículos provoca a redução da velocidade média de percurso, levando ao aumento e acúmulo de gases poluentes, para a mesma quilometragem percorrida (FERRAZ; MOTTA, 2008).

Segundo Lima *et al.*, (2003) o abrangente uso do óleo diesel como combustível pela frota de transportes tem colaborado muito para a poluição atmosférica nas metrópoles e na intensificação da dependência do petróleo. Ensejando o monitoramento destes problemas, nas duas derradeiras décadas, a substituição de diesel no transporte público tem sido adotada em diversas partes do mundo com resultados satisfatórios (LIMA *et al.*, 2003).

Neste sentido o uso do etanol pela frota nacional reduz substancialmente a emissão de carbono fóssil tendo reflexos positivos no impacto do setor de transportes, quando comparado ao uso da gasolina (BRASIL, 2011).

Dentre os contribuintes da poluição atmosférica mundial, o setor de transportes tem grande participação nas emissões de gases poluentes e causam uma gama de prejuízos sanitários, ambientais e, portanto, econômicos (FERRAZ; MOTTA, 2008). Os impactos podem ser locais, ocasionando danos à qualidade de vida nas cidades; ou ainda globais, agravando a concentração dos GEE's e intensificando o aquecimento global (TEIXEIRA *et al.*, 2014).

Para minimizar tais impactos é fundamental a busca por formas de redução das emissões de GEE por veículos, estabelecendo, por exemplo, metas ou limites de emissão, compulsórios ou voluntários, que levem ao desenvolvimento de tecnologias de redução da emissão; adoção de combustíveis de baixo conteúdo de carbono fóssil e novas tecnologias nos veículos; ou ainda a redução do uso de veículos, com incentivo ao uso de transportes coletivos (LEAL *et al.* 2009).

Diante do exposto, este artigo teve como objetivo o levantamento do fluxo de ônibus em um cruzamento de vias na região noroeste do município de Campinas e uma



estimativa da emissão pontual de GEE's.

METODOLOGIA

2.1 Caracterização de Campinas

Segundo o Plano Diretor de Campinas (2006), o município de Campinas ocupa uma área de 797,6 Km², e situa-se no centro-leste do estado de São Paulo (47°04'40" Longitude Oeste e 22°53'20" Latitude Sul), numa altitude média de 680 metros acima do nível do mar. A região noroeste do município encontra-se em uma área de 65,64 km² com tendência à expansão econômica, população de cerca de 145 mil habitantes e abriga o Corredor Metropolitano Noroeste, onde estão concentrados cerca de 70% dos usuários de transporte público (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 2006).

2.2 Coletas de dados

O local escolhido para estudo na região noroeste do município de Campinas, conforme apresentado na Figura 1 (marcador amarelo) é um cruzamento da Av. John Boyd Dunlop com as ruas Edson Luiz Rigonatto, Manoel Machado Pereira e Luiz Raphael Lot.

A coleta de dados foi realizada em cinco dias da semana (sábado, segunda, terça, quarta e sexta), no horário das 7h às 8h (horário de Brasília), onde contou-se o número de ônibus e micro-ônibus que passaram no cruzamento. A escolha por este cruzamento se deu devido ao grande fluxo de veículos e o horário da pesquisa baseou-se em Coelho e Goldner (2016) que relatam que os picos concentram-se principalmente das 7h às 8h e das 17h às 18h.

A Figura 1 mostra também o fluxo dos veículos no cruzamento em questão estudado.



Figura 01: Localização da área e fluxo das vias (Adaptado de Google Earth Pro, 2019).

Como pode ser observado são oito opções de rotas estudadas com diferentes origens e destinos. Vale ressaltar que no momento do estudo a Av. John Boyd Dunlop, vinha passando por obras de implantação do *Bus Rapid Transport* (BRT).

2.3 Estimativa de emissão de GEE

Por meio dos documentos “Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa” (BRASIL, 2011) e “PRODUTO-05 - Cálculo das Emissões de Poluentes Regulados do Inventário de Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana de Campinas” (2018), a emissão de CO₂ pode ser estimada pelo consumo de combustível (conhecido como método - *top-down*) ou pela distância percorrida pelos veículos (método - *bottom-up*).

Segundo o IPCC (2016), o primeiro método é mais adequado para a estimativa da emissão de CO₂, enquanto que o segundo é apropriado para a estimativa de CH₄ e N₂O. No método *top-down*, o consumo de combustível é multiplicado pelo coeficiente de emissão para cada tipo de combustível. Ainda segundo o Produto-05, do Inventário de Emissões Atmosféricas da Região de Campinas (2018), o cálculo das emissões de GEE oriundas da queima de combustíveis é obtido através da elaboração do consumo em volume de combustível, por tipo, no ano de consumo. As emissões de gases de efeito estufa para essa fonte são calculadas por meio da equação 1:

$$E_{i,g,y} = C_{i,y} * PC_{i,y} * FE_{i,g,y} * PAG_g \quad (1)$$



Na qual:

i: índice que denota o tipo de combustível;

g: índice que denota um tipo de GEE;

y: ano de referência do relatório (2016);

$E_{i,g,y}$: emissões ou remoções do GEE (g) atribuíveis à fonte (i) durante o ano (y), em tCO_2e ;

$C_{i,y}$: consumo do combustível (i) para o ano (y), na unidade de medida (u), sendo u m^3 ou kg;

$PCI_{i,y}$: Poder Calorífico Interno do combustível (i) para o ano (y), na unidade de medida TJ/u;

$FE_{i,g,y}$: fator de emissão do GEE (g) aplicável ao combustível (i) no ano (y), em t GEE g/TJ;

PAGg: potencial de aquecimento global do GEE (g), em tCO_2e/t GEE g.

Ribeiro (2001) em seus estudos realizou um levantamento e obteve que o consumo médio de um ônibus para transporte público (caracterizado como veículo pesado) é de 2 km/L (quilômetro por litro), no “PRODUTO-05 - Cálculo das Emissões de Poluentes Regulados do Inventário de Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana de Campinas” (2018), a autonomia de um ônibus urbano no ano de 2016 é 2,1 km/L. Desta forma o estudo procura estimar um trecho onde o ônibus percorra um quilômetro, propondo para isso um raio de influência de 500 metros em torno do local estudado.

Conforme a área de influência, a estimativa de consumo de combustível é de meio litro de diesel por veículo identificado. Já o poder calorífico interno do combustível, o Fator de emissão de GEE e o Potencial de aquecimento global do GEE foram retirados do “PRODUTO-04 Cálculo das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) da Região Metropolitana de Campinas Inventário de Emissão Atmosféricas da Região Metropolitana de Campinas” (2018), conforme Tabela 1.

Tabela 01: Descrição de poluentes e os respectivos PAGs.

Dados	Descrição	Unidade
CO2	PAG – Dióxido de Carbono	1 PAG
CH4	PAG – Metano	25 PAG
N2O	PAG – Oxido Nitroso	298 PAG
PCI	Poder Calorífico do Óleo Diesel/Diesel móbile	0,0000043 TJ/Kg

FEi – CO2	Fator de Emissão de GEE para CO2	74.100 Kg/TJ
FEi – CH4	Fator de Emissão de GEE para CH4	3,9 Kg/TJ
FEi – N2O	Fator de Emissão de GEE para N2O	3,9 Kg/TJ

Fonte: Adaptado de PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levantamentos de fluxo de ônibus

Através da coleta de dados obteve-se os seguintes resultados do fluxo de ônibus nas rotas 1 e 2, apresentado na Figura 2:

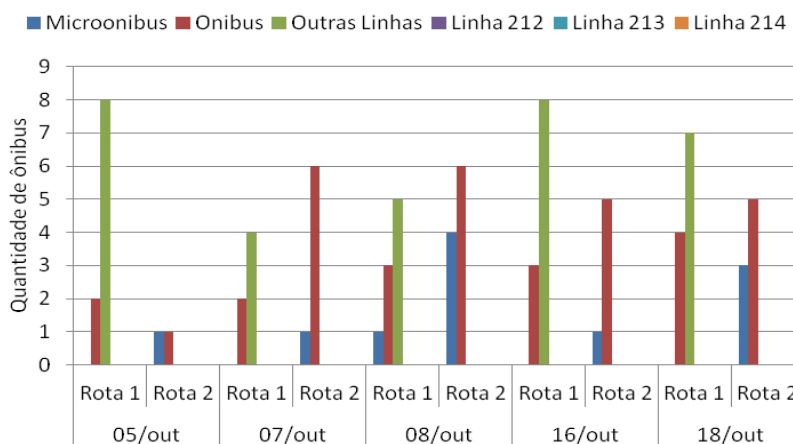


Figura 02: Fluxo de ônibus levantado nas rotas 1 e 2.

Para a rota 1 e 2, as linhas de ônibus público 212, 213 e 214 não trafegam, e no sábado dia 05/10/2019 podemos observar que tivemos o menor fluxo de ônibus nas rotas 1 e 2, enquanto na quarta-feira dia 16/10/2019 e na sexta-feira 18/10/2019 tivemos o maior fluxo de ônibus com 19 veículos cada dia. Na Terça-feira dia 07/10/2019 foi o dia com o menor fluxo de ônibus nas rotas 1 e 2. Dentro de outras linhas temos a operação de ônibus intermunicipal (Linha 742) que vem do município de Hortolândia pela opção de rota 1 e retorna para o município de Hortolândia pela rota 3, apresentada na Figura 3, este fato ocorreu todos os dias do estudo.

A seguir é apresentada a Figura 3 com os dados obtidos nas rotas 3, 4 e 5 que vem da região dos terminais Itajaí e Campo Grande:

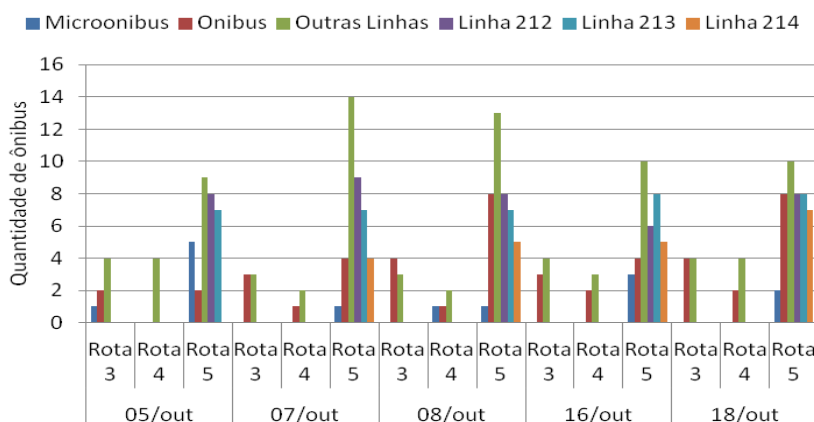


Figura 03: Fluxo de ônibus levantado nas rotas 3, 4 e 5.

Na Segunda-feira dia 05/10/2019, tivemos um movimento maior de ônibus que no sábado, principalmente na opção de rotas 5 e pode ser visto na Figura 4 que a rota 8 também teve este movimento, já que são rotas que recebem e enviam ônibus para o centro do município. Na sexta-feira dia 18/10/2019, observou-se o maior fluxo de ônibus com 58 veículos levantados. Ainda pode ser observado na Figura 3, os ônibus municipais de outras linhas têm grande representatividade na rota 5, estando em destaque todos os dias estudados. Pode-se observar que há um perfil de comportamento dos ônibus particulares, mesmo em dias atípicos temos uma frequência de veículos que se utilizam desta rota, este fato pode ser entendido devido estas empresas de ônibus particulares prestarem serviços de fretamento de funcionários para empresas locais, portanto no horário estudado temos uma frequência deste ônibus.

Na Figura 4 pode-se verificar o fluxo de veículos nas rotas 6, 7 e 8.

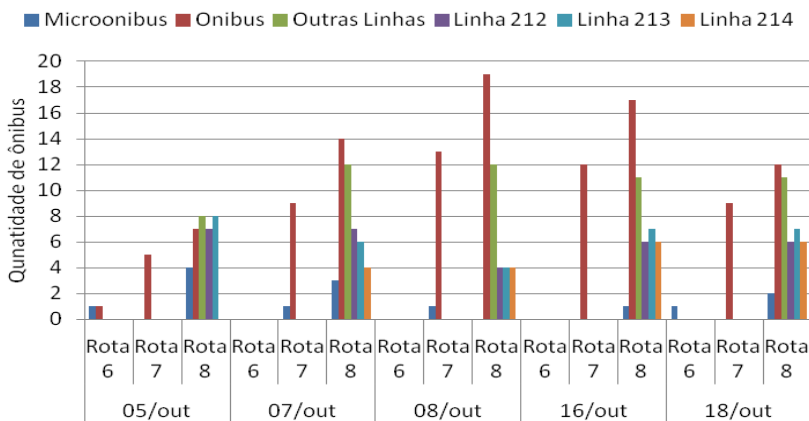


Figura 04: Fluxo de ônibus levantado nas rotas 6, 7 e 8.

Como já mencionado a rota 8 e a rota 5 tiveram o maior fluxo de ônibus no estudo, e no dia 16/10/2019 verificou-se que teve o maior fluxo de ônibus nas rotas 6, 7 e 8. Entretanto o fluxo de micro-ônibus no dia 16/10/2019 foi o menor observado no estudo, e o fluxo de ônibus particulares teve grande relevância nas rotas observadas. Vale lembrar que devido às obras do BRT na Av. John Boyd Dunlop, a opção de rota 6 está desativada, entretanto nos dias 05/10/2019 e 18/10/2019 do estudo tivemos micro-ônibus e ônibus realizando conversão irregular na via para acessar a rota 6.

Nas análises gerais, o dia que apresentou maior número de micro-ônibus e ônibus foi a sexta-feira, dia 18/10/2019 no qual foi levantado 130 veículos e o com menor fluxo de veículos, como esperado, por ser um dia atípico, foi o sábado (05/10/2019) com 95 veículos das 7h às 8h.

3.2 Estimativa de GEE local.

De acordo com o número de ônibus levantado no período de estudo (7h às 8h), chegou-se nos resultados expressos na Tabela 2.

Tabela 02: Estimativa de GEE emitidas por ônibus entre as 7h e 8h.

Data	Poluente	Consumo (m ³)	PCI (TJ/Kg)	FE (Kg/TJ)	PAG de CO ₂	Total (tCO ₂ e)
05/10	CO ₂	0,0475	0,000043	74100	1	0,01513
	CH ₄	0,0475	0,000043	3,9	25	0,00002
	N ₂ O	0,0475	0,000043	3,9	298	0,00024
07/10	CO ₂	0,0585	0,000043	74100	1	0,01864
	CH ₄	0,0585	0,000043	3,9	25	0,00002
	N ₂ O	0,0585	0,000043	3,9	298	0,00029
08/10	CO ₂	0,0645	0,000043	74100	1	0,02055
	CH ₄	0,0645	0,000043	3,9	25	0,00003
	N ₂ O	0,0645	0,000043	3,9	298	0,00032
16/10	CO ₂	0,0625	0,000043	74100	1	0,01991
	CH ₄	0,0625	0,000043	3,9	25	0,00003
	N ₂ O	0,0625	0,000043	3,9	298	0,00031
18/10	CO ₂	0,0650	0,000043	74100	1	0,02071
	CH ₄	0,0650	0,000043	3,9	25	0,00003
	N ₂ O	0,0650	0,000043	3,9	298	0,00032
Média diária						0,01931

Legenda: CO₂ - Dióxido de Carbono; CH₄ – Metano; N₂O - Oxido Nitroso; FE - Fator de emissão; PCI – Poder calorífico interno; PAG - Potencial de aquecimento global.

Como o sábado é um dia atípico, devido não ter o mesmo movimento de pessoas e veículos, verificou-se que as emissões de gases do efeito estufa local provenientes de ônibus foi de 0,01539 tCO₂e (toneladas de CO₂e), enquanto que a sexta



feira, que teve o maior fluxo de ônibus, emitiu localmente 0,02106 tCO_{2e}. Portanto, a média de emissão de GEE das 7h as 8h ficou em 0,01931 tCO_{2e}.

O PRODUTO-05, Cálculo das Emissões de Poluentes Regulados do Inventário de Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana de Campinas (2018) levantou que a emissão de poluentes reguladas de fontes móveis no município de Campinas no ano de 2016 foi de 9657,39 tCO_{2e}, 3977,9 tNO_x e 91,96 de tSO₂. O PRODUTO-5, (2018) ainda expôs a intensidade de emissão dos veículos calculadas por tipo de veículo e apresentou que, para ônibus a diesel, a emissão de GEE no ano de 2016 foi de 0,0548 tCO, 0,2872 tNO_x e 0,0029 tSO₂.

No município de São Paulo no ano de 2009 ocorreu um estudo de emissão de GEE com o PRODUTO 5 – Quantificação de emissão de GEE pelo setor de Energia (2012), onde constatou-se uma emissão de 4.283.248 tCO_{2e}, para o diesel.

De uma forma geral, o PRODUTO-5 do inventario de Campinas, revela que o município tem uma frota de ônibus de 9.012 ônibus que contribuíram para uma emissão de poluentes no ano de 2016 de 493,5 tCO, 2587,9 tNO_x, 25,8 tSO₂, 69,0 tMP e 106,6 tCOV.

Sem a introdução á curto prazo de medidas de apoio e políticas eficazes, por parte dos governos, as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) relacionadas com a produção e utilização de energia, especificamente da queima de combustíveis fósseis, apresentam uma tendência de aumento de mais de 50%, de 26,1 GtCO_{2eq} (7,1GtC) em 2004 a 37-40GtCO_{2eq} (10,1- 10,9GtC) até 2030. Estima-se que as emissões de CO₂, entre 2000 e 2030, com origem no sector energético, aumentem entre 45% a 110% (IPCC, 2007).

Segundo Drumm *et al.*, (2013) o Brasil, passou por muitos avanços dos anos 80 em diante, no que diz respeito a criação de novas ferramentas de controle das emissões dos poluentes atmosféricos de origem veicular, podendo-se citar o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), a Resolução CONMETRO n° 01 de 23 de Outubro de 1984, a Resolução CONAMA n° 03 de 28 de Junho de 1990, a Resolução CONAMA n° 07 e a n° 08 de 31 de Agosto de 1993 e a Resolução CONAMA n.º 297 de 26 de Fevereiro de 2002.

CONCLUSÕES

O estudo revelou uma média de 119 ônibus entre as 7h e 8h no cruzamento escolhido na região noroeste do município de Campinas, de forma que em dias atípicos, como sábado, o fluxo foi menor, e na sexta feira, maior.

Dentro do cruzamento, verificou-se que as opções de rotas tomadas pelos ônibus com maior frequência foram as rotas 5 e 8, que recebem e enviam veículos da região dos bairros para a região central do município pela Av. John Boyd Dunlop.

Verificou-se, ainda, que os tipos de ônibus que mais trafegam neste cruzamento são ônibus do transporte público urbano, em destaque as linhas 212 e 213, que tem como trajeto a região central do município e o terminal Itajaí.

O fluxo dos ônibus interfere na emissão de GEE's, sendo o dia com maior emissão a sexta-feira, que por sinal apresentou o maior fluxo de ônibus. Sendo ainda possível levantar que a emissão média diária foi em 0,01931 tCO₂e, no horário e local estudado.

Ressalta-se ainda necessidade de estudos mais detalhados, realizados em mais dias e horários, a fim de viabilizar a criação de um perfil diário de emissão de poluentes. Sendo este estudo levado como ferramenta prévia para estudos futuros mais detalhados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o auxílio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código financeiro – 001.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE R. T. G, SANTOS, E. M. Quantificação das emissões de gases efeito estufa – GEE's – Segundo matriz energética diesel ou GNV no transporte público por ônibus em Natal–RN. **Holos**, Ano 25, v. 3, 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**. Brasília, 2011.
- COELHO, A. H., GOLDNER, L. G., **Engenharia de Tráfego - Módulo I - Conceitos básicos**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.
- DRUMM, F. C. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores, **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia**



Ambiental, v. 18, n. 1, p. 66-78, 2013.

DUTRA, E. G. **Metodologia Teórico-Experimental para Determinação dos Parâmetros Básicos para Elaboração de Inventários de Emissão de Veículos Leves do Ciclo Otto**. 2007. 166f. Tese de Doutorado em Calor e Fluidos – Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

FERRAZ, C; MOTTA, R. S. **O Controle da Poluição de automóveis no Brasil**. Rio de Janeiro, 2008.

GOOGLE EARTH PRO, **Ferramenta de análise espacial do Google LLC**, 2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Contributions of Working Groups I, II, III to the IPCC Fourth Assessment Report**. Cambridge University Press, Cambridge, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Painel Intergovernamental para Mudança do Clima. **Quarto relatório do painel intergovernamental sobre mudança do clima, AR4**. Organização das Nações Unidas (ONU): 2016.

LEAL, E. R., *et al.* Análise Do Fluxo E Estimativa Da Emissão Veicular Na Rodovia Presidente Dutra Em São José Dos Campos – SP, **XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação** – Universidade do Vale do Paraíba, 2009.

LIMA, H. F. P., *et al.* Estudos da Poluição veicular de Juiz de Fora-MG. In: **Anais: X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. **Plano Diretor - Caderno de Subsídios**, Secretaria Municipal de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Campinas-SP, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. PRODUTO 4 - Cálculo das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) da Região Metropolitana de Campinas, **Inventário de Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana de Campinas**, 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. PRODUTO 5 - Cálculo das Emissões de Poluentes Regulados, **Inventário de Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana de Campinas**, 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, **PRODUTO 5 - Quantificação de emissão de GEE pelo setor de Energia**, 2012.

RIBEIRO, S. K. **Estudo das Vantagens Ambientais do Gás Natural Veicular: o caso do Rio de Janeiro**. 1ª ed., Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2001.

SCARPINELLA G. D. A. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto**. 182 p. Dissertação de Mestrado. São Paulo–SP: USP, 2002.

TEIXEIRA, S. M. *et al.* Qualidade do transporte urbano de passageiros: uma avaliação do nível de serviço do sistema do metropolitano de São Paulo, **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 3-20, 2014.

VITAL, M. H. F., Aquecimento global: acordos internacionais, emissões de CO₂ e o surgimento dos mercados de carbono no mundo, **BNDES**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 48, p. 167-244, 2018.