

**X-003 – AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO ENTRE DIAS NORMAIS E DIAS DE RODÍZIO MUNICIPAL, DA EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA (GEE) NO DESLOCAMENTO CASA-TRABALHO-CASA PELOS FUNCIONÁRIOS DE UMA EMPRESA EM SÃO PAULO (S.P.)**

**Maria Lúcia Pereira Antunes<sup>(1)</sup>**

Física pelo Instituto de Física da USP – S.P. Mestre em Física Nuclear pelo Instituto de Física da USP/SP. Doutora em Ciências pelo Instituto de Física da USP. Livre-Docente em Física pela UNESP. Professor Adjunto da UNESP/Sorocaba e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UNESP.

**Julia Diniz Jacques Gonçalves<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela UNESP de Sorocaba.

**Sandro Donnini Mancini<sup>(1)</sup>**

Engenheiro dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Mestre e Doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos. Livre-Docente em Materiais e Reciclagem pela UNESP. Professor Adjunto da UNESP/Sorocaba e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UNESP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Três de Março, 511 – Alto da Boa Vista - Sorocaba – SP - CEP: 18087-180 - Brasil - Tel: (15) 3238-3409 ramal 3460 - e-mail: [malu@sorocaba.unesp.br](mailto:malu@sorocaba.unesp.br)

## RESUMO

O aquecimento global é um assunto complexo e de extrema importância, que vem sendo discutido mundialmente. As emissões elevadas de Gases de Efeito Estufa por atividades humanas intensifica o aumento natural da temperatura da atmosfera e dos oceanos, gerando mudanças climáticas que afetam o meio ambiente, a economia e a sociedade como um todo. A queima de combustíveis fósseis e de florestas são as ações antrópicas que mais contribuem para a emissão do gás carbônico na atmosfera, o principal GEE que acelera o aquecimento global. O setor de transporte é um dos grandes responsáveis pelas emissões deste gás, principalmente em centros urbanos. O presente trabalho tem como objetivo estimar as emissões de GEE liberadas no período de um ano pelo deslocamento casa-trabalho dos funcionários de uma “Consultoria Ambiental” de pequeno porte, localizada na cidade de São Paulo. O estudo de caso contou com o levantamento de dados através de entrevistas, e foi estimada a emissão de 8026,5kg de CO<sub>2</sub> no ano de 2015 pelo deslocamento casa-trabalho dos funcionários da empresa. A comparação das emissões totais em dia de rodízio (19,2kg de CO<sub>2</sub>) e dia normal (34,9 kg de CO<sub>2</sub>) permite concluir que, se os funcionários se habituassem a utilizar todos os dias da semana os meios de transporte que utilizam em dias de rodízio, a quantidade de poluentes emitidos para a atmosfera já cairia quase que pela metade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aquecimento Global, Gases do Efeito Estufa, Rodízio Municipal de Veículos, Emissões.

## INTRODUÇÃO

Muitas estações de tratamento de água brasileiras encontram-se ou trabalhando acima de sua capacidade ou O efeito estufa é um fenômeno natural que ocorre quando a radiação solar é refletida pela superfície terrestre e absorvida por alguns gases presentes na atmosfera, os chamados Gases de Efeito Estufa (GEE). Esse fenômeno é essencial para a vida no planeta, uma vez que o mantém aquecido (1).

O desenvolvimento econômico e industrial das últimas décadas tem aumentado de forma descontrolada as concentrações desses gases na atmosfera, resultando na maior absorção de radiação solar e, conseqüentemente, restando mais calor. O aumento da temperatura do planeta decorrente das ações humanas, que vai além do natural, recebe o nome de aquecimento global (2).

O aquecimento global gera graves conseqüências ao meio ambiente e ao ser humano. Dentre os impactos estão o desequilíbrio de ecossistemas, a alteração da frequência e da intensidade de precipitações, que acaba

interferindo também na agricultura; o derretimento de geleiras e a elevação do nível do mar, que afeta diretamente os ecossistemas marinhos e os recursos hídricos; e a intensificação de alguns fenômenos meteorológicos (3).

Os principais gases do efeito estufa são o vapor d'água ( $H_2O$ ), o dióxido de carbono ou gás carbônico ( $CO_2$ ), o óxido nitroso ( $N_2O$ ), o metano ( $CH_4$ ), o ozônio ( $O_3$ ), o hexafluoreto de enxofre ( $SF_6$ ), os hidrofluorcarbonetos (HFC) e os perfluorcarbonetos (PFC). Dentre os GEE que estão aumentando de concentração, o gás carbônico é o que mais contribui para o aquecimento global, sendo emitido pelo ser humano principalmente através da queima de combustíveis fósseis (carvão, gás natural e petróleo) e das queimadas de florestas (4).

Tendo em vista todas as consequências catastróficas que o aumento da temperatura do planeta pode ocasionar, vêm-se estabelecendo metas para a diminuição das emissões de GEE. Dentre as medidas que podem ser tomadas para esta diminuição, estão a utilização e o desenvolvimento de fontes alternativas e renováveis de energia, a diminuição da utilização de transportes individuais e motorizados; o desmatamento zero, a recuperação e reflorestamento de áreas degradadas, entre outras (5).

## OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo estimar as emissões de GEE liberadas no período de um ano pelo deslocamento casa-trabalho-casa dos funcionários de uma empresa de pequeno porte, localizada na cidade de São Paulo, e avaliar o efeito do rodízio municipal nessas emissões.

## METODOLOGIA UTILIZADA

O estudo de caso foi realizado em uma empresa de prestação de serviço, de pequeno porte (32 funcionários), localizada no bairro de Perdizes, em São Paulo – SP. A coleta de informação sobre meios de transportes utilizados diariamente no deslocamento casa-trabalho-casa de cada funcionário, a distância total de ida e volta percorrida neste trajeto, o tipo de meio de transporte utilizado inclusive em dias de rodízio, a quantidade de pessoas no carro etc, foram feitas através de entrevistas individuais e preenchimento de questionário pelos funcionários.

Para o cálculo de emissões de  $CO_2$  equivalente liberadas no deslocamento dos funcionários, foi utilizada a metodologia descrita pelo IPCC (1996), referência nacional na elaboração de inventários de emissões de GEE. Foram utilizados como fator de emissão de  $CO_2$  equivalente, para cada modalidade de transporte, os valores calculados por Carvalho (6) em um estudo desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), referente às emissões correspondentes ao transporte motorizado nos grandes centros urbanos brasileiros.

A emissão diária de cada meio de transporte para cada funcionário foi obtida a partir da Equação 1. Esta equação apresenta uma forma simples de quantificar as emissões (E) em kg de  $CO_2$  equivalente no período de tempo considerado, a partir da multiplicação do fator de emissão da fonte (F, expresso em kg por km) pela distância (D) percorrida em km no período de tempo considerado.

$$E = F.D \quad (\text{Equação 1})$$

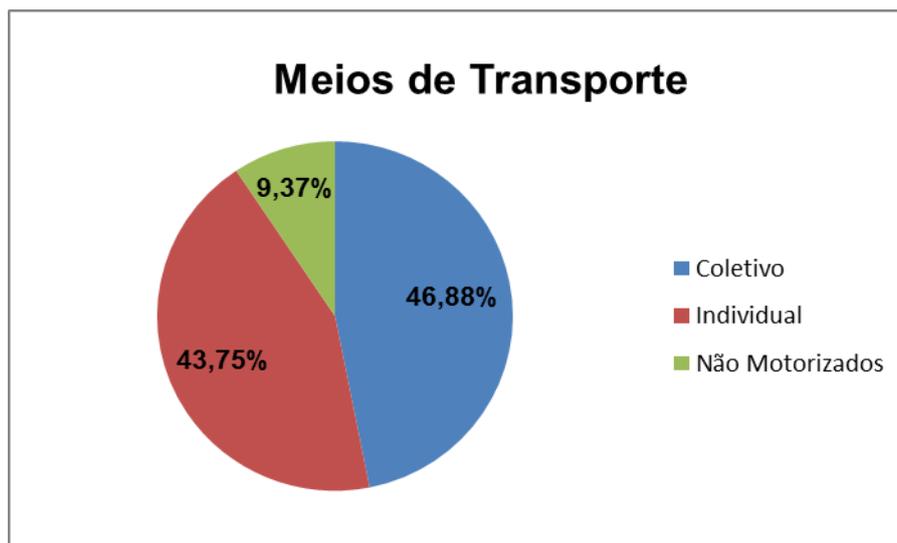
No caso da utilização de transportes não motorizados (caminhada ou bicicleta), a quilometragem não foi considerada para o estudo, uma vez que as atividades não liberam poluentes na atmosfera. Além disso, tendo em vista a complexidade do sistema de Metrô da cidade de São Paulo, a dificuldade de calcular a quilometragem percorrida por cada funcionário e os números extremamente altos e variáveis de passageiros por trajeto percorrido, a emissão de  $CO_2$  por este meio de transporte também não foi considerada, uma vez que o fator de emissão individual seria praticamente nulo.

As emissões totais diárias foram calculadas separadamente para o caso de um dia de rodízio ( $E_{\text{rodízio}}$ ) e para o caso de um outro dia útil qualquer da semana ( $E_{\text{diário}}$ ), a fim de comparar a diferença das emissões nos dois casos.

Para obter as emissões dos funcionários da empresa no ano, multiplicou-se o deslocamento diário total dos funcionários pelos dias úteis do ano, aplicando-se a porcentagem de 20% de dias de rodízio dentre os dias úteis.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das informações fornecidas pelos funcionários, foram calculadas as porcentagens de funcionários que optaram por cada meio de transporte: coletivo (metrô e ônibus), individual (automóvel ou motocicleta) ou não motorizado (bicicleta ou caminhada). A Figura 1 apresenta esses resultados.



**Figura 1: Proporção dos meios de transporte utilizados pelos funcionários no seu deslocamento.**

Os dados demonstram que a maioria dos funcionários utiliza o transporte coletivo (46,88%), seguida dos que optam pelo transporte individual (43,75%) e por último os que se deslocam por meios de transporte não motorizados (9,37%).

A Tabela 1 apresenta os resultados das emissões diárias de todos os funcionários, calculadas por cada meio de transporte em dias normais e dias de rodízio, respectivamente.

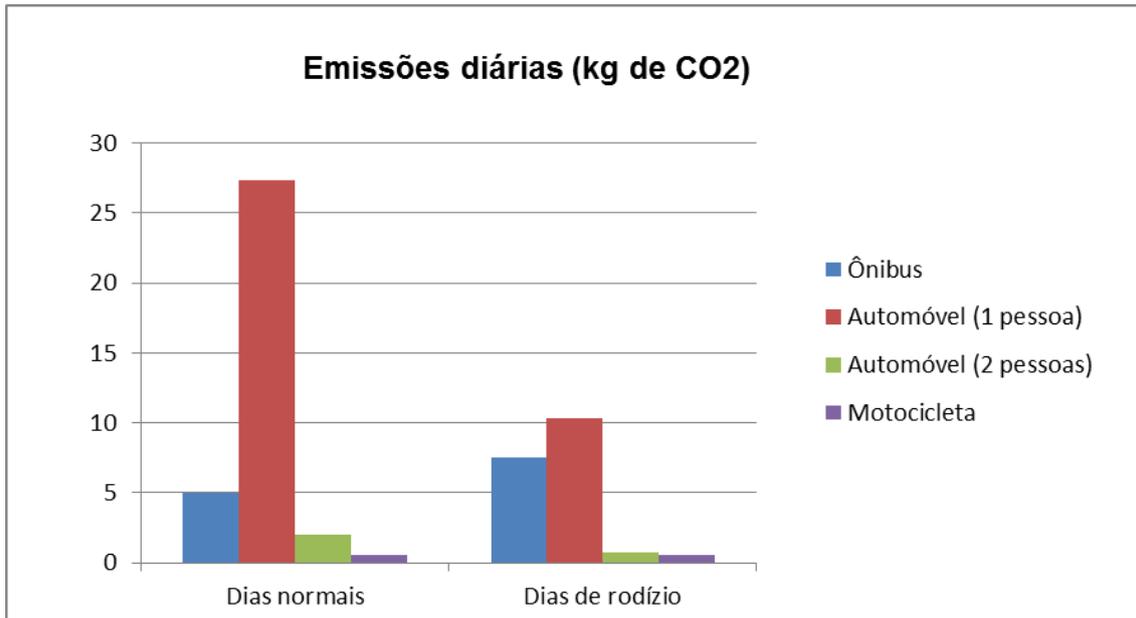
**Tabela 1: Emissão diária de CO<sub>2</sub> equivalente, no trajeto casa-trabalho-casa de todos os funcionários.**

MEIO DE TRANSPORTE	EMIÇÃO DIÁRIA EM DIA NORMAL (Kg de CO <sub>2</sub> equivalente)	EMIÇÃO DIÁRIA EM DIA DE RODÍZIO (Kg de CO <sub>2</sub> equivalente)
Ônibus	5,03	7,53
Automóvel (1 pessoa)	27,34	10,37
Automóvel (mais de 2 pessoas)	1,97	0,72
Motocicleta	0,54	0,54

A partir dos resultados apresentados na Tabela 1, foi calculada a emissão média de 34,9 kg de CO<sub>2</sub> nos dias normais e de 19,2 kg de CO<sub>2</sub> nos dias de rodízio. O uso forçado de outro meio de transporte que não seja o carro em um dia na semana corresponde, portanto, a uma diminuição de quase metade das emissões totais em relação a outro dia qualquer da semana, mesmo que algumas pessoas insistam em utilizar o automóvel.

Pode-se perceber, pelos resultados da Tabela 1, que o automóvel é responsável pela maior parte das emissões, principalmente em dias normais. A redução de emissões totais por automóveis em um dia de rodízio é de aproximadamente 62% em relação a um dia normal.

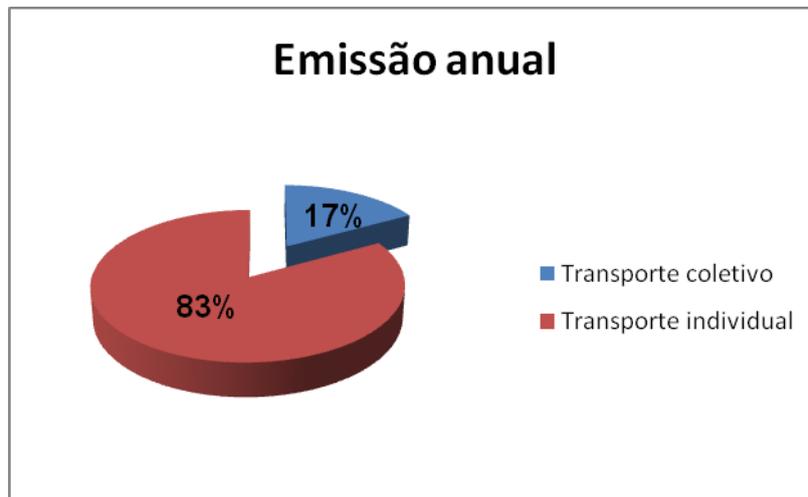
A Figura 2 representa a comparação entre as emissões por cada meio de transporte em dias normais e em dias de rodízio.



**Figura 2: Comparação entre emissões em dias normais e dias de rodízio**

Pode-se perceber pelos dados apresentados na Figura 2, que o automóvel é responsável pela maior parte das emissões, principalmente em dias normais. A redução de emissões totais por automóveis em um dia de rodízio é de aproximadamente 62% em relação a um dia normal.

A Figura 3 apresenta a proporção de emissões por transporte coletivo (ônibus) ou individual (automóvel e motocicleta), no trajeto desses funcionários. Observa-se comparando com a Figura 1, que apesar da quantidade de funcionários que utilizam transporte coletivo serem apenas um pouco maior do que a dos que utilizam o transporte individual, a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida pelo transporte individual em um ano é muito maior.



**Figura 3: Proporção de emissões anuais por transporte coletivo ou individual pelos funcionários da empresa no trajeto casa-trabalho-casa.**

Considerando a quantidade de dias úteis no ano e a proporção de dias de rodízio, foi calculada a emissão total de 8026,5 kg de CO<sub>2</sub> emitido no ano de 2015 no deslocamento casa-trabalho dos funcionários da empresa.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Pode-se concluir que, apesar de 46,88% das pessoas da empresa optarem pelo transporte coletivo e 43,7% pelo individual, a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida pelos funcionários que utilizam o transporte individual em um ano chega a ser quase 5 vezes maior do que a emitida pelo que usam o transporte coletivo.

A comparação das emissões totais em um dia de rodízio (19,2kg de CO<sub>2</sub>) e um dia normal (34,9 kg de CO<sub>2</sub>) permite concluir que, se os funcionários se habituassem a utilizar todos os dias da semana os meios de transporte que utilizam em dias de rodízio, a quantidade de poluentes emitidos para a atmosfera já cairia quase que pela metade.

Os resultados obtidos, através da realização do estudo de caso, demonstraram que o desenvolvimento de políticas de incentivo ao uso do transporte coletivo em detrimento ao individual é de extrema importância para que a população consiga reduzir consideravelmente o volume de poluentes lançado na atmosfera no deslocamento para o trabalho, o que contribuiria para melhorar a qualidade de vida nos grandes centros urbanos brasileiros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ECYCLE. Aquecimento global: causas, consequências e combate. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1294-aquecimento-global-o-perigo-se-tornou-real.html>>. Acesso em 05/05/2017.
2. ONUBR. Nações Unidas no Brasil. Disponível em: <<http://nacoesunidas.org/influencia-humana-no-aquecimento-global-e-evidente-alerta-novo-relatorio-do-ipcc/>>. Acesso em 08/05/2017.
3. IPCC, 2014: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
4. ALCSCENS. Grupo De Pesquisa em Mudanças Climáticas da Unicamp. Gases de Efeito Estufa (GEE). Disponível em <<http://www.cpa.unicamp.br/alcscens/abc/crt/g>>. Acesso em 28/04/2017.
5. LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L. A.; PINHEIRO, R. S. B. Sistemas de produção de bovinos e a emissão de metano. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, V.9, n.7, 2013, p.14-25.
6. CARVALHO, C. H. R. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros. Brasília, 2011.