

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GEE DEVIDO AO TRANSPORTE DE RESÍDUOS EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO NA ÁREA DE ATUAÇÃO DA Embasa- BAHIA, BRASIL

\*Jamile Oliveira Santos<sup>1</sup>  
José Célio Silveira Andrade<sup>2</sup>  
Márcia Mara de Oliveira Marinho<sup>3</sup>  
Adalberto Noyola Robles<sup>4</sup>  
Leonor Patrícia Güereca<sup>4</sup>

AN ESTIMATE OF GREENHOUSE GASES EMISSIONS DUE TO THE TRANSPORTATION OF WASTE FROM SEWAGE PUMPING STATIONS IN THE AREA OF Embasa OPERATION-BAHIA, BRAZIL

Recibido el 5 de junio de 2015; Aceptado el 29 de enero de 2016

### Abstract

The transport sector is currently the second largest source of greenhouse gas (GHG) emissions in Brazil, second only to changes in land use. The operation of pumping stations for sewage systems generates a significant amount of waste and requires transportation services for its adequate disposal. Therefore, it is important to assess the GHG emissions by operating organizations involved with this activity. Knowledge of these emissions allows a sanitation company to evaluate the logistics involved in transportation and implement improvements, with a view towards low-carbon operations. Thus, this paper estimates the GHG emissions resulting from transporting waste produced at pumping stations, submarine outfall pre-treatment plants and preliminary treatment at wastewater treatment plants in the city of Salvador, Bahia, Brazil, operated by Embasa (Bahian Water and Sanitation Company SA). *The results show that the transportation of waste in the company under study is an important emission source of indirect GHG emissions (Scope 3) and indicate opportunities for improvement of the inventory.*

**Keywords:** Greenhouse gases, transportation, solid waste, Embasa, Brazil.

<sup>1</sup> Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A./Programa de Engenharia Industrial (PEI). Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil.

<sup>2</sup> Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Brasil.

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Brasil.

<sup>4</sup> Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

\*Autor correspondiente: Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Aristides Novis, nº 2, 6º Andar Barrio: Federação, EP-UFBA. Código Postal: 40.210-630. Salvador, Bahia, Brasil, Email: [jamil@ufba.br](mailto:jamil@ufba.br)

## Resumo

O setor de transportes, atualmente, é a segunda maior fonte de emissora de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, atrás apenas de mudanças de uso do solo. A operação de estações elevatórias em sistemas de esgotamento sanitário gera uma quantidade expressiva de resíduos e requer serviços de transporte para destinação adequada. Nesse sentido, torna-se importante avaliar as emissões de GEE associadas a essa atividade por parte dos operadores. O conhecimento dessas emissões permite que a empresa de saneamento avalie a logística envolvida no transporte e implemente melhorias, visando uma operação de baixo carbono. Assim, esse trabalho pretende estimar as emissões de GEE decorrentes do transporte de resíduos produzidos em elevatórias, estações de condicionamento prévio de emissários submarinos e do tratamento preliminar em estações de tratamento de esgotos sanitários na área de atuação da Embasa (Empresa Baiana de Água e Saneamento S.A). Os resultados permitem inferir que o transporte de resíduos na empresa em estudo é uma fonte emissora importante das emissões de GEE indiretas (escopo 3) e indicam oportunidades para o aprimoramento do inventário.

**Palavras chave:** GEE, transporte, resíduos sólidos, Embasa, Brasil.

## Introdução

A temática das mudanças climáticas vem mobilizando o governo brasileiro a implementar ações para minimizar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) no país. Nesse sentido, o Brasil assumiu voluntariamente o compromisso de reduzir suas emissões de GEE entre 36.1% a 38.9% até o ano de 2020, conforme previsto na lei de mudanças climáticas (Brasil, 2009). Em 2012, o setor de transporte foi responsável por 14% da emissão total de GEE no Brasil (SEEG, 2014). A maior parcela dessa emissão está relacionada ao transporte de carga. Conforme dados do Ministério de Ciência e Tecnologia, as emissões de GEE devido ao modal rodoviário, no período entre 1990 e 2005, tiveram um incremento de 72.1%, superior ao incremento total de emissões de GEE do país, que foi de 65.2%. No ano de 2009, o referido modal foi responsável por 92.2% do consumo energético de todo o setor de transporte (MMA, 2011).

Ao analisar a literatura constata-se que há um elevado número de trabalhos quantificando emissões na área de transporte. O foco desses trabalhos concentra-se na avaliação da qualidade do ar com vistas ao cumprimento da legislação ambiental e análises para redução das emissões de GEE (Kannan *et al.*, 2012; Oshiro e Masui, 2015; Sobrino e Monzon, 2014). No Brasil os trabalhos expressam a necessidade de adaptar modelos internacionais a realidade local (Schirmen 2011; Campos *et al.*, 2013; Cancelli *et al.*, 2014) e ressaltam a ausência de consenso científico para essas estimativas.

Para quantificação de emissões o método mais utilizado em inventários nacionais, estaduais e municipais é o do IPCC. Em nível corporativo, a metodologia GHG Protocol está sendo adotada pela maioria das organizações. Este método classifica as emissões em três escopos:

- 1) Emissões diretas compreendem as fontes emissoras estão sob responsabilidade da empresa;
- 2) Emissões indiretas devido ao consumo de energia elétrica e térmica;
- 3) Emissões indiretas relacionadas a outras atividades da empresa as quais não se tem controle sobre as fontes.

Como exemplo pode-se citar o deslocamento diário dos funcionários da residência ao local de trabalho utilizando transporte público. Cabe ressaltar que o relato das emissões diretas de escopo 1 e 2 é obrigatório e as de escopo 3 de natureza opcional, apesar de inventários (GHG Protocol, 2009) e estudos anteriores evidenciarem que essas são as mais relevantes (Huang *et al.*, 2009; Güereca *et al.*, 2013).

Os inventários de GEE ratificam que as operações de transporte são representativas, pois conforme a tipologia, pode ser a maior fonte de emissão direta. Em países em desenvolvimento, a maior fonte emissora em empresas atuantes na área de água e esgoto está relacionada ao tratamento de efluentes. Nos casos em que as operações de transporte são realizadas por prestadores de serviços estas podem ser excluídas dos inventários das poucas empresas que elaboram esses documentos, pois são consideradas emissões de escopo 3. Nessa situação são de relato opcional.

No Brasil as operadoras de água e esgoto ainda não incorporaram a prática de quantificar e relatar suas emissões. Dentre as grandes empresas estaduais apenas quatro quantificaram e reportaram emissões: SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais, SANEPAR Companhia de Saneamento do Paraná.), CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento). Cabe destacar que na relação citada não consta nenhuma empresa da região Nordeste (Santos *et al.*, 2015).

De fato, a temática e suas implicações na área de saneamento vêm sendo pouco discutidas pelas associações do setor como a AESBE (Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais) e a ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental). Entre 28 e 30 de outubro de 2013 foi realizado o “*primer Congreso de Cambio Climático*” organizado pela DC3, divisão de mudanças climáticas da AIDIS. Ao analisar os anais do respectivo evento constatou-se um número reduzido de trabalhos relacionados à quantificação de emissões em nível corporativo. Torna-se necessário incluir na agenda da AIDIS e da ABES o papel das empresas atuantes nesse segmento frente aos desafios impostos por esse novo cenário.

Buscando contribuir com a discussão de emissões decorrentes das atividades de empresas do setor, foi elaborado o primeiro inventário de GEE da Embasa (Santos *et al.*, 2015). Desse modo, foram quantificadas as emissões diretas referentes ao tratamento de esgoto e combustão móvel (escopo 1), a emissão indireta devido ao consumo de energia (escopo 2) e emissões indiretas devido ao deslocamento de funcionários de sua residência ao trabalho, viagens a negócio e transporte de materiais pelos fornecedores (escopo 3).

A produção de resíduos também gera demandas significativas de transporte, cuja quantificação não foi incluída no inventário inicial da empresa. Nesse sentido, cabe avaliar as emissões de GEE associadas ao transporte de resíduos retidos em estações elevatórias, de condicionamento prévio e do material retido no tratamento preliminar em estações de tratamento de esgoto. Desse modo, elimina-se uma lacuna referente ao estudo realizado e contribui-se com conhecimento referente ao tema. Assim, o objetivo deste trabalho consiste em estimar as emissões de GEE decorrentes do transporte dos resíduos mencionados utilizando como estudo de caso a área de atuação da Embasa, situada na região Nordeste do Brasil.

#### Área de atuação da empresa e aspectos relevantes do transporte dos resíduos

A Embasa possui treze unidades regionais no interior do estado e seis na Região Metropolitana de Salvador (Embasa, 2012) conforme mapa constante na figura 1. O transporte de resíduos dos sistemas de esgotamento sanitário situados no interior e que estão na área de atuação da Embasa, conforme informações do setor operacional, está sob responsabilidade da empresa. Dessa forma, essas emissões são consideradas de escopo 1 (diretas) e já estão incluídas no inventário preliminar. Esse é o caso dos municípios situados nas regiões Norte e Sul. Desse modo, o presente artigo apresenta as estimativas para a Região Metropolitana de Salvador.

Salvador é a capital do estado da Bahia compreendendo o maior sistema de esgotamento sanitário na área de atuação da empresa em estudo. O referido sistema está subdividido em dois: principal e independente. O primeiro utiliza os emissários submarinos do Rio Vermelho e o da estação do Jacuípe para disposição final. Em conjunto, possui 160 estações elevatórias de esgoto. O emissário do Rio Vermelho opera com uma vazão de 8.3 m<sup>3</sup>/s e o de Jaguaribe com uma vazão de 4.9 m<sup>3</sup>/s. O sistema independente constitui-se de sistemas individuais que compreendem 16 elevatórias e 71 estações de tratamento de esgoto, as quais atendem a conjuntos habitacionais da cidade (PMS, 2010).

Conforme informações do setor responsável pela operação das elevatórias de Salvador e da estação de condicionamento prévio do Rio Vermelho (Divisão de Elevatórias e ECP – METL), os resíduos retidos em estações elevatórias e de tratamento são dispostos em três locais. As unidades localizadas nos bairros de Lobato, Pirajá, Pau da Lima, Cabula e condomínio Vale das Palmeiras direcionam os resíduos para o parque Lobato. Os demais bairros componentes do

sistema independente de Salvador encaminham os resíduos para o parque Castelo Branco. O município de Simões Filho apesar de não fazer parte de Salvador, que também é operado por esse setor, armazena seus resíduos em uma estação de tratamento denominada Km 30 (Embasa, 2009). O município de Lauro de Freitas também é atendido por um dos emissários, o do Jaguaribe, e como todas as localidades situadas na orla, direciona os resíduos de elevatórias para a estação de condicionamento prévio-ECP situada no bairro do Rio Vermelho.

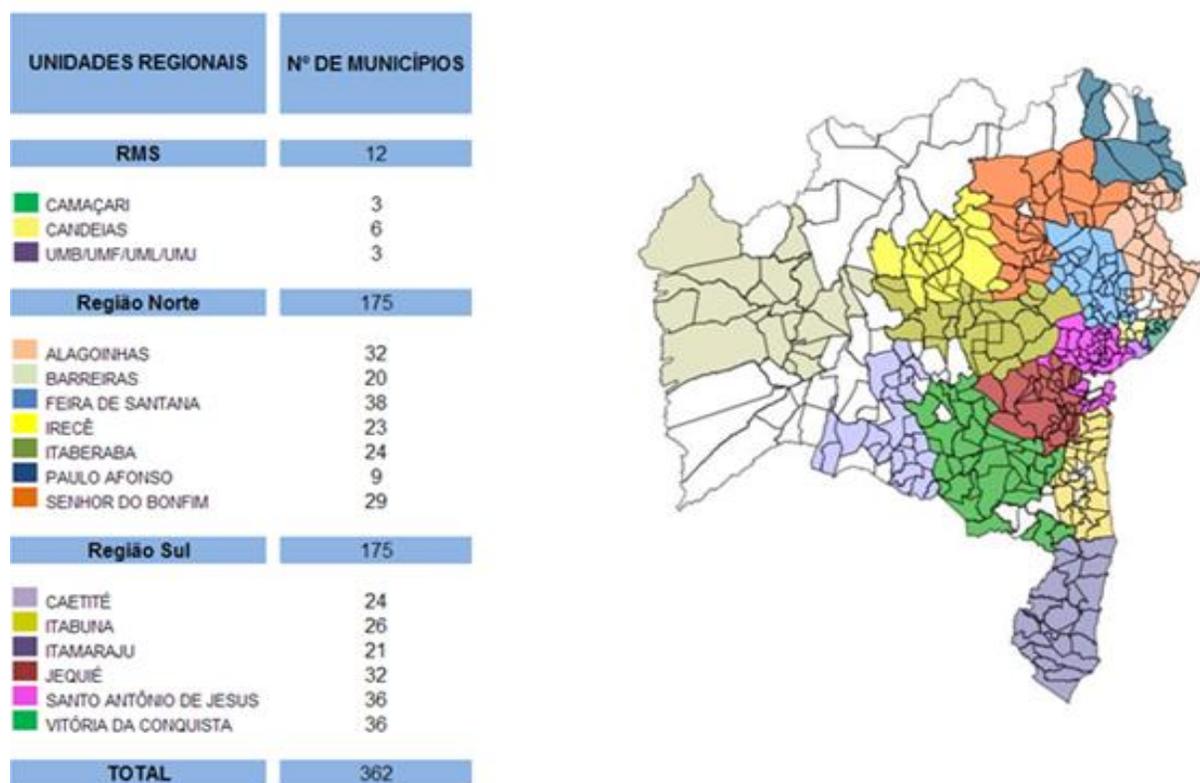


Figura 1. Unidades regionais da Embasa. Fonte: Embasa (2012)

A coleta de resíduos nas estações elevatórias é realizada duas vezes ao dia por equipes de campo. Dos pontos de armazenamento parque Castelo Branco, parque Lucaia, ECP e estação de tratamento Km 30, os resíduos são direcionados ao Aterro Metropolitano Centro (AMC). A Embasa possui um convênio com a LIMPURB (Empresa de Limpeza Urbana de Salvador) o qual permite a disposição dos resíduos nesse aterro. A coleta e o transporte dos resíduos são realizados por uma empresa terceirizada pela Embasa, denominada Amaral coleta.

No caso em questão, onde a empresa não controla as fontes, a estimativa de emissões devido ao transporte classifica-se como de escopo 3 (outras fontes indiretas). De fato, são emissões diretas decorrentes das atividades da transportadora. Nesse contexto, o papel das empresas com número expressivo de prestadores de serviço, tal como a Embasa, ao quantificar o escopo 3, na verdade tem grande objetivo de influenciá-los para que possam gerenciar suas emissões.

Os aspectos operacionais acima são válidos para as unidades regionais do Cabula (UML), Pirajá (UMJ), Bolandeira (UMB) e Federação (UMF). As unidades de Camaçari (UMC) e Candeias (UMS) apresentam particularidades quanto ao transportador e quanto ao local para disposição final e foram reportadas em Moraes *et al.* (no prelo).

### Metodologia

Pelo fato de ser um inventário corporativo, a metodologia segue as orientações do GHG Protocol (2009). Para o caso de fontes móveis, recomenda-se utilizar a equação 1:

$$EF_{\text{móvel}} = \text{consumo de combustível} \times \text{fator de emissão} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

EF<sub>móvel</sub>: emissão de GEE decorrentes de fontes móveis em tCO<sub>2</sub>eq

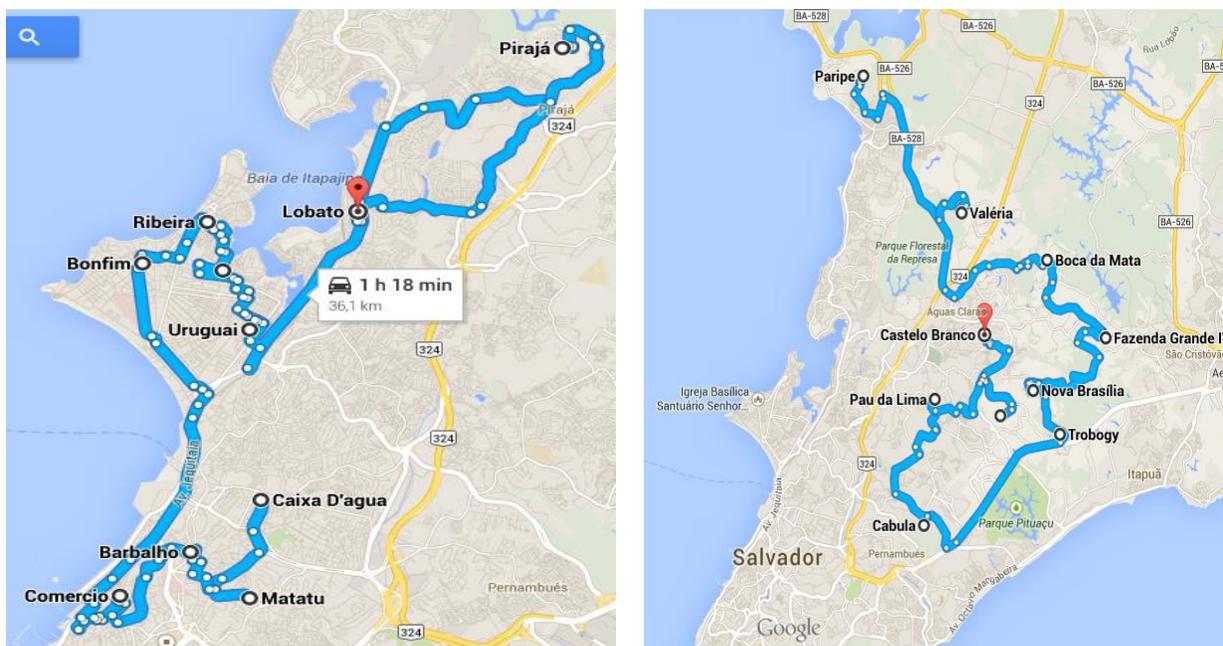
Consumo de combustível: quantidade de combustível consumida ao longo do ano a ser inventariado em litros.

Fator de emissão: os quais são retirados do inventário nacional de veículos terrestres elaborados pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil (MMA, 2011).

Os gases considerados na estimativa foram, além do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). O poder de aquecimento global (PAG) adotado para os dois últimos foi de 21 e 310, respectivamente.

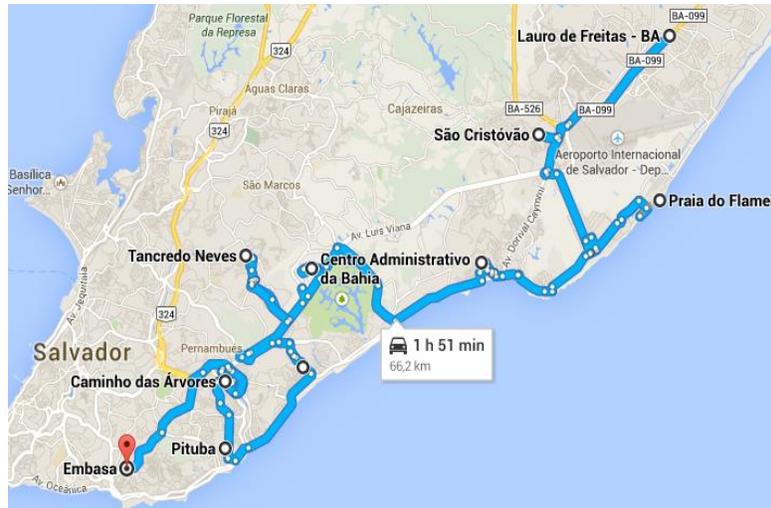
Após a obtenção dos dados sobre a logística do transporte de resíduos nas unidades da empresa, solicitou-se informações referentes ao consumo de combustível anual para essa atividade. A Embasa informou que não monitorava o dado requerido e não forneceu maiores detalhes contratuais. A Amaral foi consultada e declarou que não poderia disponibilizar informações sem autorização do contratante. Desse modo, não foi obtido o dado básico para estimativa, no caso o consumo de combustível para o ano de 2012. Como alternativa, optou-se por estimar o dado mencionado por meio da distância percorrida anualmente. A transportadora não especificou os roteiros diários para coleta nas elevatórias e nem a frequência do transporte entre os parques e o aterro sanitário, bem como não forneceu dados sobre a frota de veículos utilizada.

Diante da ausência de dados, solicitou-se outras informações a Embasa as quais pudessem auxiliar na estimativa da distância. A Embasa forneceu um cadastro contendo a localização de todas as estações elevatórias da cidade (Embasa, 2014a) e estações de tratamento de esgotos (Embasa, 2013). A estimativa das distâncias para transporte das elevatórias aos centros de acondicionamento e destes ao Aterro Metropolitano Centro foi feita utilizando o Google maps. A figura 2 apresenta o trajeto realizado para a coleta dos resíduos nas estações e elevatórias que são atendidas pelo parque Lobato. Não foram obtidos dados sobre o roteiro realizado, bem como a quantidade de veículos disponíveis pela coleta. Desse modo, elaborou-se um roteiro conforme a proximidade das elevatórias apresentado na figura 2 para os parques Lobato e Castelo Branco. A distância considerada para o primeiro foi de 36.1 km e para o segundo, 60.7km.



**Figura 2.** Trajeto considerado para os parques Lobato e Castelo Branco  
*Fonte: Adaptado de Google maps*

A figura 3 apresenta o trajeto realizado para a coleta dos resíduos nas elevatórias que são atendidas pelos emissários submarinos (ou seja, fazem parte do sistema principal). A distância considerada para o roteiro foi de 66.2km.



**Figura 3.** Trajeto Sistema principal (Lauro de Freitas – Rio Vermelho).

Fonte: Adaptado de Google maps

Conforme a Embasa Divisão de Elevatórias e Estação de Condicionamento Prévio (Embasa, 2014b), durante o ano de 2011, a quantidade de resíduos retidos nas grades e peneiras e decorrentes da limpeza da caixa de areia e poço de sucção foram os relacionados na tabela 1.

**Tabela 1.** Quantidade de resíduos gerada em 2011 e adotada para a estimativa

| Unidade   | Areia (m <sup>3</sup> ) | Lixo grade (m <sup>3</sup> ) | Lixo peneiras (m <sup>3</sup> ) | Total (m <sup>3</sup> ) |
|---|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Reversão Iguatemi                                     | 3783.00                 | 434.29                       |                                 | 4217.29                 |
| ECP - Rio Vermelho                                    | 3559.76                 | 369.48                       | 416,00                          | 4345.24                 |
| Elevatórias Salvador, Lauro de Freitas e Simões Filho | 1342.82                 | 1033.98                      |                                 | 2376.80                 |

Fonte: Embasa METL (2014b)

Para o ano de 2012, o valor informado era muito inferior aos valores dos últimos anos por questões operacionais, conforme pode ser visto na tabela 2. Observa-se que no ano de 2011 houve um aumento expressivo na quantidade de areia retida nas peneiras. Enquanto em 2012 ocorre uma redução o qual não parece coerente considerando os anos de 2009 e 2010. Desse modo, caso fosse utilizado o dado de 2012 a estimativa estaria subestimada. Por outro lado, a Embasa não disponibilizou a série histórica contendo o controle de resíduos das elevatórias dos outros parques. Assim, optou-se por adotar os valores de 2011 para cálculo dessa estimativa.

**Tabela 2.** Quantidade de resíduos retidos na Estação de Condicionamento Prévio

| Ano     |                     | 2009                 |                     |                     | 2010                 |                     |  |
|---------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--|
| Resíduo | Lixo m <sup>3</sup> | Areia m <sup>3</sup> | Lodo m <sup>3</sup> | Lixo m <sup>3</sup> | Areia m <sup>3</sup> | Lodo m <sup>3</sup> |  |
| Total   | 284.01              | 2000.94              | 474.28              | 247.73              | 2081.96              | 311.84              |  |
| Ano     |                     | 2011                 |                     |                     | 2012                 |                     |  |
| Resíduo | Lixo m <sup>3</sup> | Areia m <sup>3</sup> | Lodo m <sup>3</sup> | Lixo m <sup>3</sup> | Areia m <sup>3</sup> | Lodo m <sup>3</sup> |  |
| Total   | 369.48              | 3559.76              | 416.00              | 243.28              | 406.30               | 82.04               |  |

Não tendo sido fornecidos dados do número de viagens e nem da capacidade dos caminhões, utilizou-se as especificações disponibilizadas no sitio da empresa prestadora do serviço de transportes (AMARAL, 2014). Portanto, considerou-se que o transporte dos pontos de armazenamento dos resíduos até o Aterro Metropolitano Centro seria feito por uma carreta basculante com capacidade de 65m<sup>3</sup> e que o veículo utilizado para transporte das elevatórias aos parques teria capacidade de 15m<sup>3</sup>. Assim, considerou-se o consumo médio de combustível para um caminhão pesado a diesel o que corresponde a 3.17 km/L. Os fatores de emissão adotados foram os constantes no primeiro inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários elaborado pelo MMA (2011), conforme tabela 3:

**Tabela 3.** Consumo de combustível e fatores de emissão adotados

| Tipo de Veículo          | Consumo médio (km/L) | Combustível Utilizado (L) | CO <sub>2</sub> (kg/l) | CH <sub>4</sub> (kg/l) | N <sub>2</sub> O (kg/l) |
|--------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Caminhão pesado a Diesel | 3.17                 | Óleo Diesel               | 2.6710                 | 0.0001                 | 0.00014                 |

Fonte: MMA (2011)

Para estimar as emissões de GEE das elevatórias até os locais de acondicionamento, verificou-se a distância do trecho e conforme informação da Embasa que a coleta è realizada duas vezes ao dia, multiplicou-se a referida distância por 4 para encontrar o valor percorrido diariamente. Para encontrar a distância anual considerou-se 365 dias. Com o valor obtido, verificou-se a quantidade de combustível associada e aplicou-se os fatores de emissão correspondentes. Esse procedimento foi adotado para estimativa das elevatórias até os parques Lobato, das estações de tratamento de esgoto até o parque Castelo Branco e das elevatórias situadas em Lauro de Freitas/Orla Marítima (Itapuã - Ondina) até a ECP.

A estimativa da emissão dos parques até o AMC considerou o volume de resíduos gerados no ano. Considerando que o veículo utilizado transporta a sua capacidade máxima (65 m<sup>3</sup>) foi estimado o número de viagens realizadas. De posse desta informação, verificou-se a distância percorrida anualmente e o respectivo consumo de combustível. O referido procedimento foi aplicado para os trechos reversão Iguatemi - ECP, ECP-AMC, parque Lobato – AMC e parque Castelo Branco – AMC. Para o trecho estação de tratamento Km 30 – AMC adotou-se um veículo com capacidade de transporte de 15 m<sup>3</sup>. Como não foi especificada a quantidade de resíduos direcionada à cada parque, distribuiu-se o volume conforme o número de elevatórias constante em cada roteiro. Nos casos em que o número de viagens foi inferior a 11 adotou-se 12, partindo da premissa de que o transporte seja feito no mínimo 1 vez por mês.

## Resultados

As distâncias entre os parques e o Aterro Metropolitano Centro foram estimadas utilizando o *Google maps*, conforme descrito na metodologia, cujos resultados são apresentados na tabela 4. Na tabela 5 está discriminado o volume de resíduos adotado para estimativa das emissões e o número de elevatórias por parque:

**Tabela 4.** Distâncias dos centros de armazenamento de resíduos ao Aterro Metropolitano Centro (AMC)

| Trecho                       | Distância (km) |
|------------------------------|----------------|
| Parque Lobato ao AMC         | 27.9           |
| Parque Castelo Branco ao AMC | 24.6           |
| ECP ao AMC                   | 28.5           |
| Km 30 ao AMC                 | 16.8           |

**Tabela 5.** Quantidade de resíduos gerada em 2012 por parque

| Percurso       | Volume (m <sup>3</sup> ) | Número de elevatórias |
|----------------|--------------------------|-----------------------|
| Rio Vermelho   | 1188.40                  | 87                    |
| Lobato         | 682.99                   | 50                    |
| Castelo Branco | 450.77                   | 33                    |
| Simões Filho   | 54.64                    | 4                     |
| Total          | 2376.80                  | 174                   |

A estimativa de emissões de GEE devido ao transporte de resíduos nas elevatórias de Salvador, Simões Filho e Lauro de Freitas para o ano de 2012 totalizou um montante de 185.73 tCO<sub>2</sub>eq conforme tabelas 6 e 7. No que se refere às unidades de Camaçari e Candeias, a estimativa totalizou 108.54 tCO<sub>2</sub>eq. Desse modo, o transporte de resíduos decorrentes da operação dos sistemas de esgotamento sanitário na região Metropolitana de Salvador emitiu 294.27 tCO<sub>2</sub>eq.

Em relação à região Norte e Sul não foi possível identificar o quantitativo, pois o consumo de combustível para o escopo 1 considerou todas as atividades de transporte. Desse modo tem-se o montante devido à combustão móvel, porém não está discriminada pelo tipo de fonte. Cabe destacar que a emissão para esta categoria foi de 4,970.84 tCO<sub>2</sub>eq, sendo que 3,741.00 tCO<sub>2</sub>eq referente ao consumo de óleo diesel. Os dados de consumo de combustível foram disponibilizados pelo Departamento de Transportes da Embasa, porém, foi feita a ressalva de que não havia garantia de que as unidades do interior estavam atualizando o sistema de controle.

**Tabela 6.** Emissões de GEE associadas ao deslocamento das elevatórias até os parques para acondicionamento

| Percurso         | Distância (km) | Distância no ano (km) | Combustível consumido (l) | Emissão CO <sub>2</sub> (kg) | Emissão CH <sub>4</sub> (kg) | Emissão N <sub>2</sub> O (kg) | Emissão CO <sub>2</sub> eq (t) |
|------------------|----------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Lauro de Freitas | 66.2           | 96652                 | 30489.58                  | 81437.69                     | 6.09                         | 0                             | 81.57                          |
| Lobato           | 36.1           | 52706                 | 16626.49                  | 44409.38                     | 3.32                         | 0                             | 44.48                          |
| Castelo Branco   | 60.7           | 44311                 | 13978.23                  | 37335.86                     | 2.79                         | 0                             | 37.39                          |
| Simões Filho     | 11.9           | 4343                  | 1370.19                   | 3659.78                      | 0.27                         | 0                             | 3.66                           |
| Total            | 174.90         | 198012                | 62464.49                  | 166842.71                    | 12.47                        | 0,00                          | 167.10                         |

**Tabela 7.** Emissões de GEE associadas ao deslocamento dos parques até o Aterro Metropolitano Centro

| Percurso                                       | (m <sup>3</sup> ) | Viagens | Distância (km) | Combustível consumido (l) | Emissão CO <sub>2</sub> (kg) | Emissão CH <sub>4</sub> (kg) | Emissão CO <sub>2</sub> eq (t) |
|--|-------------------|---------|----------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Iguatemi – ECP                                 | 4217.29           | 562     | 2474.14        | 784.30                    | 20948.74                     | 1.56                         | 2.09                           |
| ECP – AMC<br>(somente resíduos gerados na ECP) | 8542.53           | 262     | 7307.14        | 2316.36                   | 61870.14                     | 4.64                         | 6.19                           |
| Km 30 – Aterro<br>(Simões Filho)               | 54.64             | 12      | 154.80         | 490.72                    | 1310.70                      | 0.10                         | 1.31                           |
| ECP – AMC*                                     | 1188.40           | 19      | 528.20         | 1674.39                   | 4472.31                      | 0.33                         | 4.48                           |
| Lobato – AMC                                   | 682.99            | 12      | 289.20         | 916.76                    | 2448.68                      | 0.18                         | 2.45                           |
| Castelo Branco- AMC                            | 450.77            | 12      | 248.40         | 787.43                    | 2103.22                      | 0.16                         | 2.11                           |
| Total  | 15136.62          | 879,00  | 11001.88       | 6969.96                   | 93153.79                     | 6.97                         | 18.63                          |

\* Resíduos das elevatórias direcionadas a esse parque

As emissões referentes aos percursos das elevatórias aos parques foram responsáveis pela parcela mais representativa, a principal justificativa deve-se a necessidade de limpeza diária de todas as unidades. Por outro lado, o caminhão adotado para estimar as emissões de transporte dos parques ao aterro possui grande capacidade de carga o que reduz o número de viagens.

As principais limitações da estimativa da distância percorrida anualmente referem-se ao desconhecimento da capacidade dos veículos utilizados para o transporte, a qual determina o número de viagens necessárias dos parques ao aterro, da capacidade de acondicionamento e da quantidade exata de resíduo destinada a cada parque (Lobato, Castelo Branco, ECP e Simões Filho). De fato, tem-se conhecimento que os parques do Lobato, ECP e Simões Filho recebem os resíduos retidos nas estações elevatórias e Castelo Branco recebe os lodos provenientes das estações de tratamento, as quais pertencem ao sistema secundário. Percebeu-se uma falta de transparência em relação ao quantitativo de lodo oriundo dessas unidades a qual pode estar relacionada a um inadequado gerenciamento desses resíduos.

A aplicação da metodologia GHG para estimativa de emissões decorrentes de atividades de transporte é relativamente simples, entretanto, demonstrou-se no estudo de caso analisado as dificuldades envolvidas para obtenção de dados como consumo de combustível. Para execução de inventários posteriores, a Embasa deve requerer da contratada o encaminhamento de um relatório reportando a informação necessária para essa quantificação.

### **Conclusão**

Este trabalho se propôs a estimar as emissões devido ao transporte de resíduos operacionais oriundos de sistemas de esgotamento sanitário na região metropolitana de Salvador. Verificou-se que a atividade mencionada é uma fonte emissora importante considerando as emissões indiretas. Constatou-se que existem diversas incertezas relacionadas aos dados utilizados nas estimativas, as quais estão relacionadas à ausência de monitoramento de variáveis essenciais para aplicação da metodologia utilizada na pesquisa. Além de aprimorar o acompanhamento do consumo de combustível, torna-se necessário que a empresa especifique o tipo de atividade e a região. Assim, serão gerados elementos que permitam propor medidas minimizadoras das emissões.

As barreiras encontradas para o levantamento de dados evidenciam um tímido envolvimento das prestadoras de serviços de água e esgoto frente às questões climáticas. As empresas não estão gerenciando suas emissões e nem influenciando seus prestadores de serviço. Por outro lado, a falta de transparência referente aos quantitativos de resíduos pode estar relacionada com as dificuldades operacionais enfrentadas devido às exigências impostas pela Política de resíduos sólidos. Tentou-se estimar as emissões decorrentes do transporte de resíduos operacionais provenientes de sistemas de água e de esgotamento sanitário, porém não foram obtidas informações mínimas para os primeiros. Recomenda-se que a empresa realize um

diagnóstico referente ao gerenciamento dos resíduos nos sistemas mencionados a fim de viabilizar estimativas de emissões associadas ao transporte da unidade geradora aos locais de disposição final.

Esta pesquisa está em andamento e pretende-se nas etapas posteriores proceder uma análise das incertezas relacionadas às estimativas.

### Agradecimentos

*Agradeço a Embasa pela licença para realização desse trabalho, a CAPES pela bolsa de estudos, a FAPESB pela bolsa de iniciação científica e ao Instituto de Engenharia da UNAM (México) pelo aceite para realização de doutorado sanduíche.*

### Referências Bibliográficas

- Amaral coleta (2014) *Especificações dos veículos utilizados para transporte de resíduos conforme a tipologia*. Acesso em: 15 abr. 2014, disponível em: <http://www.amaralcoleta.com.br/institucional.php?id=1>
- Brasil (2009) *Lei n.12.187, de 29 de dezembro de 2009*, Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, Edição Extra, 109-10.
- Campos, L.C.H.S., Cunha, C.B., Yoshizaki, H.T.Y., Massara, V.M. (2013) Transporte Rodoviário de carga no Brasil. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*. **6**(1), 1-11. Acesso em 10 mai. 2015, disponível em: <http://www.journals.unam.mx>
- Cancelli, D.M., Dias, N.L. (2014) BRevê: uma metodologia objetiva de cálculo de emissões para a frota brasileira de veículos. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, **19**(spe), 13-20. Acesso em: 29 mai. 2015, disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>
- EMBASA, Empresa Baiana de Águas e Saneamento (2009) Parecer Comissão Técnica de Garantia Ambiental n 21/2009 referente à Licença de Alteração do Sistema de Esgotamento Sanitário de Simões Filho.
- EMBASA, Empresa Baiana de Águas e Saneamento (2014a). Divisão de Elevatórias e Estação de Condicionamento Prévio, Distribuição das elevatórias do sistema de esgotamento sanitário de Salvador por bacias. Comunicação por correio eletrônico.
- EMBASA, Empresa Baiana de Águas e Saneamento (2014b). Divisão de Elevatórias e Estação de Condicionamento Prévio. Controle do lixo da grade, areia e lodo da ECP. Comunicação por correio eletrônico.
- EMBASA, Empresa Baiana de Águas e Saneamento (2013). Departamento de Operação de ETE e EE. Dados operacionais das estações de tratamento de efluentes dos sistemas independentes de Salvador. Comunicação por correio eletrônico.
- GHG PROTOCOL BRASIL (2009) Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol. Acesso em 15 Abr. 2014, disponível em: [https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos\\_ghg/152/especificacoes\\_pb\\_ghgprotocol.pdf](https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos_ghg/152/especificacoes_pb_ghgprotocol.pdf)
- Google maps. Mapa viário de Salvador e da Região Metropolitana. Acesso em: 15. Mar. 2014, disponível em: <https://www.google.com/maps/@37.0625,-95.677068,4z>
- Güereca, L.P., Torres, N., Noyola, A. (2013) The Carbon Footprint as a Basis for a Cleaner Research Institute in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, **47**, 396-403.
- Huang, Y.A., Weber, C.L., Matthews, H.S. (2009) Categorization of scope 3 emissions for streamlined enterprise carbon footprinting. *Environmental, Science and Technology*, **43**, 8509-8515.
- Kannan, D., Diabat, A., Alrefai, M., Govindan, K., Yong, G. (2012) A carbon footprint based reverse logistics network design model. *Resources, Conservation and Recycling*, **67**, 75-79.

- MCT, Ministério da Ciência e Tecnologia (2010) Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente (2011) Primeiro inventário de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários – relatório final. Jan. 2011. Acesso em: 15 abr. 2014. Disponível em: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)
- PMS, Prefeitura Municipal do Salvador (2010) PMSB, Plano Municipal de Saneamento Básico. VOLUME II – Sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Salvador. Salvador.
- SEEG, Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2014) Acesso em: 12 mar. 2014, disponível em: <http://seeg.observatoriodoclima.eco.br/index.php/page/17-Emiss%25C3%25B5es-por-setor>
- Santos, J.O., Andrade, J.C.S., Marinho, M.M.O., Noyola, A., Güereca L.P. (2015) Greenhouse gas inventory of a State water and wastewater utility in northeast Brazil. *Journal of Cleaner Production. Journal of Cleaner Production*, **19**, 157-172. doi:10.1016/j.jclepro.2015.03.085.
- Schirmer, W.N., Crovador, M.I.C., Nogueira, B. (2011) Análise comparativa entre as metodologias da EPA e IPCC para inventário das emissões de gases de efeito estufa referentes ao setor energético/veicular: o caso do município de Irati. *S y n e r g i s m u s s c y e n t i f i c a UTFPR*, **6**(1). Acesso em 15. Mai. 2014, disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/1169/833>
- Sobrino, N., Monzon, A. (2014) The impact of the economic crisis and policy actions on GHG emissions from road transport in Spain. *Energy Policy*, **74**, 486-498.
- Oshiro, K., Masui, T. (2015) Diffusion of low emission vehicles and their impact on CO2 emission reduction in Japan. 2015. *Energy Policy*, **81**, 215-225.