



## **Inventário de emissões atmosféricas de atividades marítimas: etapa de aproximação no Porto de Salvador**

**Sergio Murilo Sousa Guedes Junior<sup>1</sup>, José de Paula Neto<sup>2</sup>, Armando Hihohumi Tanimoto<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Discente do Curso Técnico em Química – IFBA. Bolsistas do CNPq. e-mail: muriloguedez@gmail.com

<sup>2</sup>Técnico em Segurança do Trabalho. Especialista em Segurança, Meio Ambiente e Saúde - IFBA. e-mail: zedepaul@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Prof. Dr. em Gestão e Políticas Ambientais - IFBA . e-mail: armando@ifba.edu.br

**Resumo:** A crescente capacidade do transporte hidroviário mundial na acomodação de volumes de cargas cada vez maiores despertou a necessidade de estudos sobre as emissões de poluentes atmosféricos oriundos destas atividades, uma vez que essa tendência acompanha o ritmo da poluição produzida por este tipo de fonte, prejudicando a qualidade do ar. Tais estudos visam, sobretudo, quantificar as emissões de fontes tanto estacionárias quanto móveis e servem como uma poderosa ferramenta de gestão ambiental. Os estudos realizados acerca das emissões de poluentes das atividades marinhas do Porto de Salvador no ano de 2010, foram apresentados sob a forma de um inventário parcial, baseado no modelo utilizado nos Estados Unidos (EUA), o bottom-up. Tal estudo visa quantificar o volume de poluentes lançados pelos navios e, para isso, adotou-se o procedimento sugerido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S. EPA), que dividiu em quatro etapas o modo de operação dos navios: atracação, aproximação, cruzeiro e operação. Foram quantificadas as emissões de monóxido de carbono, dióxido de enxofre, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e material particulado, referentes à etapa de aproximação dos navios ao Porto de Salvador no ano de 2010, onde os óxidos de nitrogênio apareceram como os maiores poluentes. Atualmente estão sendo quantificadas as emissões referentes à etapa de atracação destes navios. Pretende-se, posteriormente, quantificar os poluentes emitidos em todas as etapas citadas. Para o cálculo das emissões foram utilizados dados referentes a todo processo em estudo (tempo da operação, velocidade média, fatores de emissão dos poluentes) além de características específicas dos motores de cada navio. Por fim, as emissões serão apresentadas de maneira a revelar a contribuição das atividades do transporte marítimo para a poluição atmosférica na região metropolitana de Salvador.

**Palavras-chave:** emissões atmosféricas, inventário, poluentes atmosféricos de portos

### **1. INTRODUÇÃO**

O Porto de Salvador tem localização estratégica na Baía de Todos os Santos. Suas atividades vão de serviços de exportação e importação de produtos e movimentação de contêineres até a atracação de cruzeiros marítimos, de caráter turístico. É administrado pela Companhia das Docas do Estado da Bahia e possui um cais com cerca de 2085m de extensão. Dentre os tipos de transporte de cargas existentes, o marítimo é o que menos polui e se mantém fixo no que tange ao comércio exterior brasileiro, chegando a representar 96% do volume das exportações no ano de 2010 enquanto que nas importações representou 88% (ANTAQ, apud De Paula, 2011). As pesquisas referentes a emissões de gases poluentes têm ganhado importância, visto que são poderosas ferramentas no que tange ao controle da qualidade do ar. A quantificação das emissões destes gases, oriundos tanto das fontes estacionárias quanto das fontes móveis, fornece informações suficientes para dispor decisões referentes à otimização da qualidade e à coordenação ambiental, além de revelar a natureza e a extensão de cargas de poluentes no ambiente pelos dois tipos de fonte.

O Porto de Salvador está passando por reformas de ampliação, o que vai permitir tanto o aumento do quantitativo de navios que operarão simultaneamente, como facilitar a atracação de navios de maior calado (porte). Dessa forma, estima-se que o volume de emissões atmosféricas também acompanhará essa tendência, conforme a figura 01.

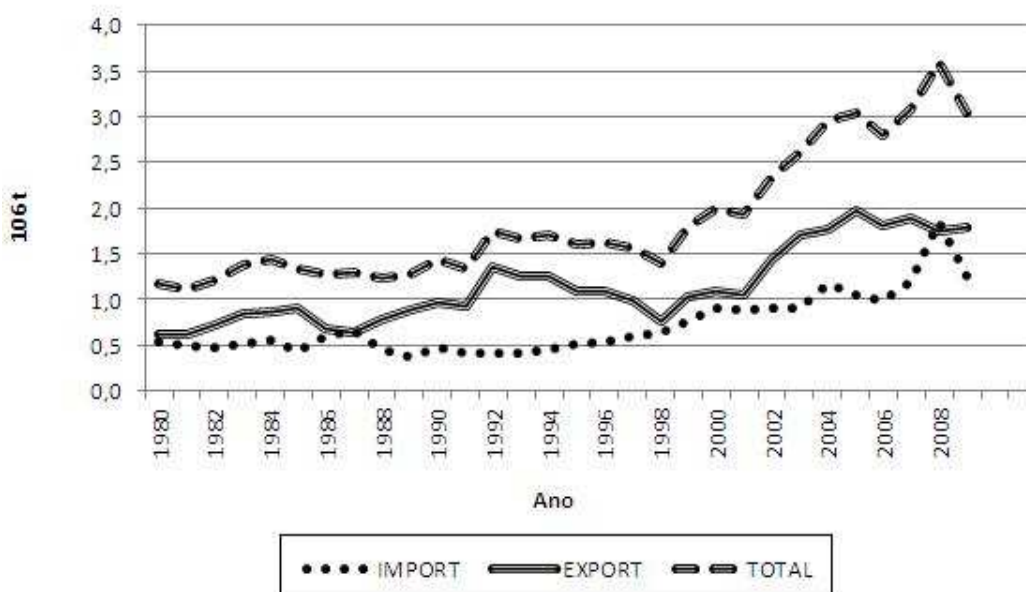


Figura 01 – Evolução estatística portuária em massa. Fonte: De Paula, 2011.

Todo navio tem, pelo menos, os seguintes equipamentos: um motor principal (propulsão), os motores auxiliares (responsáveis pela geração de energia a bordo), e os equipamentos secundários, tais como guindastes, máquina do leme, sistemas hidráulicos, sistema de refrigeração, purificadores, turbinas, entre outros. Em velocidades distintas, varia também a quantidade de potência requerida do motor pelo navio.

O projeto desenvolvido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), adotou o procedimento sugerido pela U.S. EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), que dividiu o modo de operação dos navios em quatro tipos: aproximação (velocidade baixa usando pouca potência do motor), atracação (baixíssimo uso da sua potência), cruzeiro (velocidade em alto mar usando alta potência do motor) e operação (uso de motores auxiliares).

Os poluentes despejados na atmosfera estão expostos a diversos processos que podem alterar a sua concentração no ar. Diante disso, fatores como correntes de vento, umidade do ar, e o regime de chuvas podem originar problemas no que tange à preservação ambiental, como por exemplo, as chuvas ácidas. Daí a importância que se tem em utilizar inventários de emissões atmosféricas juntamente com informações meteorológicas. É importante também ressaltar que quanto maior for a potência requerida para o funcionamento do navio, maior será o consumo de combustível e, conseqüentemente, maior será a quantidade de poluentes produzidos. A poluição apresenta três fases primordiais na Natureza: a produção e a emissão dos poluentes, o transporte e a difusão dos mesmos (pela ação do vento e das chuvas) e o contato com o homem, animais e vegetais.

O trabalho desenvolvido revelou as emissões referentes à etapa de aproximação dos navios, que compreende a sua entrada na Baía de Todos os Santos. Segundo a estimativa, feita por De Paula (2011), na etapa de aproximação, os óxidos de nitrogênio (NOx) apareceram como os maiores poluentes.

A preocupação com a qualidade do ar e o constante aumento da frota de carros e outras fontes de emissões de poluentes atmosféricos e material particulado, são a força motriz para pesquisas de tal natureza.

Os objetivos primordiais deste inventário foram:

- a) quantificar as emissões dos poluentes atmosféricos, oriundos das atividades marítimas que ocorreram no Porto de Salvador de 2010, na etapa de aproximação e dos navios;
- b) conhecer os modelos adotados por países desenvolvidos (EUA e Canadá) quanto à confecção de inventários desta natureza.



Os poluentes quantificados pelo inventário em questão foram os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a quantificação em emissões dos poluentes acima citados, foi feita uma coleta de dados no próprio Porto de Salvador (De Paula, 2011). Os dados referem-se às particularidades de cada navio como a potência em uso, velocidade na etapa em questão, tempo de operação e o tipo de combustível utilizado.

O método para a realização cálculos foi baseado no modelo utilizado pelos Estados Unidos, o bottom-up, que considera as emissões de acordo com as características do navio, como tamanho e potência em uso, além do tipo de combustível consumido. É sabido que teor de enxofre pode variar com a qualidade e a quantidade do combustível utilizado, dando, portanto, lugar a uma margem de erro. Com isso, salienta-se que na estimativa de emissão do dióxido de enxofre, foi considerada a presença de 3% de enxofre no óleo utilizado. É importante mensurar que quanto maior for o teor de enxofre no combustível, maior será a produção de dióxido de enxofre como poluente atmosférico. Para o cálculo das emissões utilizou-se a fórmula conforme a figura 02:

$$Emissão = Potência (kW) \times Fator\ de\ carga(\%) \times Tempo\ de\ operação\ (h) \times Fator\ de\ emissão\ (g/hp.h)$$

Figura 02 – Fórmula para o cálculo das emissões.

Foi calculada a potência média dos motores em funcionamento da etapa em estudo. O fator de carga é um índice (entre zero e um) que demonstra se a utilização da energia é eficiente e se existem possibilidades de melhoria. Tal fato é adimensional, ou seja, não possui unidade de medida. O tempo de operação será expresso em horas e refere-se ao tempo em que o cada navio leva para a operação em questão (aproximação). O fator de emissão é a relação entre a quantidade de poluição gerada e a quantidade de matéria prima transformada ou queimada, de acordo com a sua especificidade. É expresso neste caso, em grama por *horse power.hora*. As emissões calculadas serão obtidas em gramas e convertidas para toneladas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 01 mostra o quantitativo de navios por mês e por tipo de embarcação, totalizando 786 operações (CODEBA, 2011).

Tabela 01 – Quantitativo de navios por tipo de embarcação

| Mês       | Contaneiros | Graneleiros | Carga Geral | Passageiros | Outros |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| Janeiro   | 39          | 04          | 02          | 31          | 00     |
| Fevereiro | 44          | 02          | 06          | 31          | 00     |
| Março     | 44          | 02          | 05          | 22          | 00     |
| Abril     | 40          | 03          | 04          | 06          | 01     |
| Maió      | 84          | 04          | 04          | 03          | 01     |
| Junho     | 52          | 04          | 04          | 00          | 00     |
| Julho     | 44          | 06          | 05          | 00          | 00     |
| Agosto    | 39          | 07          | 07          | 00          | 01     |
| Setembro  | 42          | 02          | 07          | 00          | 00     |
| Outubro   | 44          | 06          | 06          | 00          | 00     |
| Novembro  | 42          | 06          | 06          | 07          | 00     |
| Dezembro  | 35          | 04          | 07          | 21          | 00     |
| Total     | 549         | 50          | 63          | 121         | 03     |

Fonte: CODEBA, 2011



A tabela 02 revela o cálculo das emissões atmosféricas oriundas dos navios que operaram no Porto de Salvador no ano de 2010, ao longo da etapa de aproximação. A etapa de aproximação corresponde ao momento em que os navios estão em marcha reduzida, precedendo a atracação dos mesmos ao longo do cais. As estimativas das emissões atmosféricas na etapa de aproximação revelaram que os óxidos de nitrogênio apareceram como os maiores poluentes. A massa emitida dos óxidos de nitrogênio corresponde a 853 toneladas, seguidos do dióxido de enxofre, com 460 toneladas, e em menor escala o monóxido de carbono, o material particulado e os hidrocarbonetos.

Tabela 02 - Emissões atmosféricas da atividade do Porto de Salvador (etapa de aproximação)

| Emissões<br>2010 | HC     | CO     | NO <sub>x</sub> | MP     | SO <sub>2</sub> |
|------------------|--------|--------|-----------------|--------|-----------------|
|                  | (Kg)   |        |                 |        |                 |
| Janeiro          | 2.407  | 4.997  | 107.852         | 7.860  | 58.252          |
| Fevereiro        | 2.325  | 4.827  | 104.182         | 7.593  | 56.270          |
| Março            | 1.966  | 4.082  | 88.109          | 6.421  | 47.589          |
| Abril            | 1.487  | 3.088  | 66.648          | 4.857  | 35.997          |
| Maio             | 2.217  | 4.602  | 99.330          | 7.239  | 53.649          |
| Junho            | 1.320  | 2.741  | 59.157          | 4.311  | 31.952          |
| Julho            | 1.182  | 2.454  | 52.961          | 3.860  | 28.605          |
| Agosto           | 1.056  | 2.191  | 47.302          | 3.447  | 25.549          |
| Setembro         | 1.096  | 2.274  | 49.091          | 3.578  | 26.515          |
| Outubro          | 1.343  | 2.788  | 60.176          | 4.386  | 32.502          |
| Novembro         | 1.439  | 2.986  | 64.463          | 4.698  | 34.817          |
| Dezembro         | 1.190  | 2.470  | 53.321          | 3.886  | 28.800          |
| Total (Kg)       | 19.027 | 39.499 | 852.591         | 62.138 | 460.496         |
| Total (t)        | 19     | 39     | 853             | 62     | 460             |

Fonte: De Paula, 2011

## 6. CONCLUSÕES

O inventário em questão permitiu a confirmação de uma poluição contínua, proporcional às atividades marítimas do Porto de Salvador. Como visto, os óxidos de nitrogênio apareceram como os maiores poluidores na etapa de aproximação. Inventários de tal natureza revelam a importância no que tange a qualidade do ar e são excelentes ferramentas para o controle da mesma. Sabe-se que os valores calculados são apenas estimados. Entretanto, inventários de emissões apresentam algumas limitações. O teor de enxofre dos combustíveis utilizados é uma delas. Os combustíveis utilizados nas propulsões de grandes navios são, na maioria das vezes, compostos por uma mistura de óleo combustível e óleo diesel, por isso apresentam alta viscosidade e um teor de enxofre elevado. Porém, determinar o tipo e a composição do combustível (seu teor de enxofre) de um navio qualquer pode se tornar uma tarefa difícil, frente à dificuldade da obtenção de informações a cerca das propriedades físico-químicas do combustível de diferentes lugares por onde tais navios tenham, possivelmente, passado.

Estudos estão sendo realizados para estimativas das emissões na etapa de atracação dos navios do Porto de Salvador. O objetivo é quantificar as emissões oriundas das atividades marinhas do ano de 2010 na etapa citada. Os cálculos serão feitos com base no modelo estadunidense e espera-se que o referido inventário esteja disponível a partir de Janeiro de 2013.

A expectativa de pesquisadores da área é que estudos de tais naturezas possam ganhar corpo, realizando cálculos estimativos para as etapas restantes (cruzeiro e operação), necessárias para a elaboração do inventário de emissões atmosféricas marítimas. Emissões das atividades em terra, como a movimentação de veículos pesados, leves, equipamentos de carga e descarga, poderão ser úteis no que diz respeito à melhoria do referido inventário.



O intercâmbio de informações com outros pesquisadores que realizam trabalhos semelhantes ou podem fazer uso dessas informações aqui geradas, melhorarão os resultados de simulação da qualidade do ar na região metropolitana de Salvador. Boa contribuição será também ao inventário que o governo do estado da Bahia pretende realizar através do INEMA, órgão executivo da política ambiental estadual.

## REFERÊNCIAS

ABRATEC: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS TERMINAIS DE CONTÊINERES DE USO PÚBLICO. **Manual de Gerenciamento de Riscos Ambientais em Terminais de Contêineres**. Ed. única. Rio de Janeiro, 2010.

Agência Câmara de Notícias. **Projeto de Lei que obriga navios a usar combustível com menor teor de enxofre**. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/agencia/noticias/MEIO-AMBIENTE/147832-PROJETO-OBRIGA-NAVIOS-A-USAR-COMBUSTIVEL-COM-MENOR-TEOR-DE-ENXOFRE.html>>. Acesso em 21 de Junho de 2012.

ARAÚJO, Selma Maria de. **Degradação e Conservação do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/63941506/2/OS-ONZE-MAIORES-POLUENTES-MUNDIAIS>>. Acesso em 21 de Junho de 2012.

NETO, José de Paula. **Emissões atmosféricas provenientes dos navios que operaram no Porto de Salvador - BA – Brasil**, 2011. 13p.TCC (especialização técnica em segurança, meio ambiente e saúde) – Instituto Federal da Bahia, Salvador 2011.

PIRES, Dilson Ojeda. **Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro**, 2005. 194 p. Tese (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/dopires.pdf>>. Acesso em 13 de Junho de 2012.