

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

LAÍS RAYSA LOPES FERREIRA

GESTÃO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL DO MODAL MARÍTIMO:
UMA ANÁLISE DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO DE NAVIOS
MOVIMENTADOS NA BAÍA DE GUANABARA

RIO DE JANEIRO

2017

GESTÃO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL DO MODAL MARÍTIMO:
UMA ANÁLISE DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO DE NAVIOS
MOVIMENTADOS NA BAÍA DE GUANABARA

LAÍS RAYSA LOPES FERREIRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Meteorologia do Instituto de Geociências do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGM-IGEO-CCMN-UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (área: Meteorologia).

Orientadores: D.Sc. Luiz Francisco Pires Guimarães Maia
D.Sc. Vanessa Silveira Barreto Carvalho

Rio de Janeiro
Maio de 2017

Ferreira, Laís Raysa Lopes

Gestão Ambiental Sustentável do Modal Marítimo:
uma Análise das Emissões de Dióxido de Carbono de
Navios Movimentados na Baía de Guanabara / Laís
Raysa Lopes Ferreira. – Rio de Janeiro: UFRJ/ PPGM/
IGEO/ CCMN, 2017.

109 p.

Orientadores: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia e
Vanessa Silveira Barreto Carvalho.

Dissertação (Mestrado) - UFRJ/ PPGM/ IGEO/ CCMN
Programa de Pós-graduação Meteorologia, 2017.

Referências: p. 81 – 91.

1. Emissões de Dióxido de Carbono. 2. Navios. 3. Modos
de Operação. 4. Sustentabilidade Portuária. 4. Porto do
Rio de Janeiro. I. Ferreira, Laís Raysa Lopes. II.
Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGM/ IGEO/
CCMN, Programa de Pós-graduação em Meteorologia.
III. Título.

**GESTÃO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL DO MODAL MARÍTIMO:
UMA ANÁLISE DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO DE NAVIOS
MOVIMENTADOS NA BAÍA DE GUANABARA**

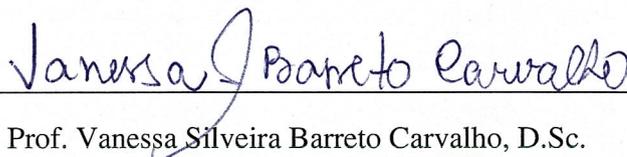
LAÍS RAYSA LOPES FERREIRA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DO CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (PPGM-IGEO-CCMN-UFRJ) COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM METEOROLOGIA

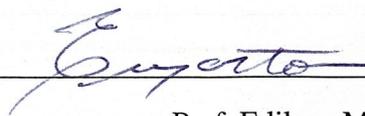
Examinada por:



Prof. Luiz Francisco Pires Guimarães Maia, D.Sc.



Prof. Vanessa Silveira Barreto Carvalho, D.Sc.



Prof. Edilson Marton, D.Sc.



Prof. Hugo Abi Karam, D.Sc.



Prof. Edson Mesquita dos Santos, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MAIO DE 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Senhor por me conceder essa oportunidade de cursar o mestrado, colocando pessoas tão maravilhosas ao meu lado, e pela saúde, força e sabedoria que Ele me concedeu durante toda a jornada!! A Deus toda glória para sempre!!!

Aos meus pais queridos, que sempre me ajudaram e me apoiaram, me fazendo enxergar sempre além - mãe, muito obrigada por todo o seu amor!! Aos meus irmãos, que estiveram sempre próximos, prontos a me estender a mão. Ao Thiago, meu noivo, amigo e grande incentivador também - Obrigada pela paciência, amor!!

Ao meu Professor e Orientador Luiz Maia por ter aceito esse desafio ao meu lado, me mostrando ser possível (eu achava que não ia conseguir), e me passando tanta segurança, calma e conhecimento do assunto, que me tranquilizava e me fazia entender que eu estava no rumo certo. Agradeço muito, muito e muito Professor, pois sua orientação e amizade foi fundamental!!! Também a Professora Vanessa, excelente e profissionalíssima!! Obrigada por todas as dicas (nos mínimos detalhes), Professora!!!

A todos os Professores do PPMG, o meu muito obrigada e o meu respeito, carinho e admiração!! Todos vocês foram importantíssimos para a minha formação!!

E finalmente, agradeço aos amigos que fiz durante o mestrado na UFRJ e aos amigos do Ciaga (em especial o Henrique e o Marquinhos) – vou guardar todos vocês dentro do peito!! Obrigada pelo carinho e por toda a ajuda oferecida para a concretização deste sonho!!!

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGM/IGEO/CCMN/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

GESTÃO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL DO MODAL MARÍTIMO: UMA ANÁLISE DAS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO DE NAVIOS MOVIMENTADOS NA BAÍA DE GUANABARA

Laís Raysa Lopes Ferreira

Maio/2017

Orientadores: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia, D.Sc.

Vanessa Silveira Barreto Carvalho, D.Sc.

Programa de Pós-graduação em Meteorologia

Os navios em circulação nas vias marítimas portuárias de grandes cidades contribuem com a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera. Quanto maior o porto e a frequência de movimentação dessas embarcações, maior será o impacto ao meio ambiente. Neste estudo foram calculadas as emissões de dióxido de carbono (CO₂) provenientes de navios em movimentação ou circulação na Baía de Guanabara, com base em dados de início/término de manobras, fornecidos pela Praticagem do Rio de Janeiro. Assim, o objetivo desta estimativa foi promover uma análise destas emissões como ferramenta para a gestão sustentável das operações portuárias. Os resultados mostraram os valores estimados em toneladas de CO₂, emitidos por embarcações que realizaram operações em modo “de manobra” (navegando dentro dos limites da área portuária) como também, em modo *hotelling* de operação (atracado/fundeado na Baía de Guanabara). Uma comparação entre os portos do Rio de Janeiro, de Yangshan (China) e de Incheon (Coreia), foi realizada. A partir dos resultados, foi possível observar que os valores encontrados para as emissões são considerados baixos quando comparados com estimativas realizadas por pesquisadores para outros portos, com maiores frequências de movimentação de embarcações. Outrossim, as estimativas de emissões encontradas no presente estudo não devem ser encaradas como irrelevantes, principalmente no atual cenário de mitigação de gases de efeito estufa (GEE) devido ao alto nível de concentração desses gases na atmosfera. Com relação aos intervalos dispendidos em atividades no modo *hotelling*, constatou-se o longo período de tempo dessas operações, conseqüentemente, muito maior emissão de CO₂ e outros gases.

Palavras chave: 1. Emissões de Dióxido de Carbono; 2. Navios; 3. Sustentabilidade Portuária; 4. Porto do Rio de Janeiro.

Abstract of Dissertation presented to PPGM/IGEO/CCMN/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF MARITIME MODAL: AN ANALYSIS OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS OF SHIPS MOVED IN GUANABARA BAY

Laís Raysa Lopes Ferreira

May/2017

Advisors: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia, D.Sc.

Vanessa Silveira Barreto Carvalho, D.Sc

Department: Meteorology

Ships on the sea lanes of major cities contribute to the emission of greenhouse gases into the atmosphere. The greater the port and the frequency of handling of these vessels, the greater the impact on the environment. In this study, we calculated the carbon dioxide (CO₂) emissions from ships in movement or in circulation in Guanabara Bay, based on the data start/end maneuvers provided by the pilotage of Rio de Janeiro. Thus, the purpose of this estimate was to promote an analysis of these issues as a tool for sustainable management of port operations. The results showed the estimated values in tons of CO₂ emitted by vessels carried out operations in "maneuver" mode of operation (sailing within the limits of the port area), as well, in hotelling mode of operation (moored/anchored in Guanabara Bay). A comparison of the ports of Rio de Janeiro, Yangshan (China) and Incheon (Korea) was carried out. From the results, it was possible to observe that the values found for the emissions are considered low when compared with the estimates made by researchers to other ports, with higher frequencies of vessel movement. Furthermore, estimates of emissions found in this study should not be seen as irrelevant, especially in the current mitigation scenario of greenhouse gas (GHG) due to the high level of concentration of these gases into the atmosphere. Regarding the intervals spent on activities in hotelling so, there was the long period of time of these operations, therefore, much greater emission of CO₂ and other gases.

Key words: 1. Carbon Dioxide Emissions; 2. Ships; 3. Port Sustainability; 4. Port of Rio de Janeiro.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01* Ciclo global do carbono com estoques (em PgC = 10^{15} gC) nos diferentes compartimentos da Terra e fluxos de carbono (em Pg C ano⁻¹).
Pág. 05 (Fonte: Machado, 2005)
- Figura 02* Representação esquemática da perturbação do ciclo de carbono global causado por atividades antropogênicas, média global para a década 2005-2014. Todos os fluxos estão em unidades de GtCyr-1, com incertezas avaliadas como $\pm 1\sigma$ (68% confiança de que o valor real encontra-se dentro do intervalo dado).
Pág. 06 (Fonte: C. Le Quéré *et al.* 2015)
- Figura 03* Emissões globais anuais. (Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/carbontracker/fluxtimeseries.php?region=Global#imatable>>. Acesso em 07 de junho de 2016)
Pág. 08
- Figura 04* Fluxos médios do ecossistema (2000-2009) em GgC/ano na América Latina (Resolução 1°x1°). (Fonte: Jang *et al.*, 2014)
Pág. 09
- Figura 05* Tanques de carga e lastro de um navio. (Fonte: SILVA, 2007)
Pág. 11
- Figura 06* Hélice de um navio (Fonte: *Royal Academy of Engineering*, 2013)
Pág. 12
- Figura 07* Motor principal Wärtsilä RT-flex82T versão B, a diesel, de baixa velocidade (foto da esquerda) e Motor Wärtsilä, a diesel, de média velocidade (foto à esquerda). (Fonte: *Royal Academy of Engineering*, 2013)
Pág. 13
- Figura 08* Fluxos típicos da energia em um navio tanque ou graneleiro e a representação das perdas no motor (Fonte: *Royal Academy of Engineering*, 2013)
Pág. 14
- Figura 09* Entradas e saídas de um motor diesel de baixa rotação. (Fonte: Woodyard, 2004)
Pág. 15
- Figura 10* Diagrama esquemático sobre o impacto global das emissões do setor de transporte marítimo em matéria de mudanças climáticas. (Fonte: IMO, 2009)
Pág. 18
- Figura 11* Áreas de Controle de Emissão (ECA's). (Fonte: Disponível em: <www.shipownersclub.com>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2016)
Pág. 19
- Figura 12* Modelo esquemático da metodologia para estimativa de emissões. (Fonte: ENTEC, 2010)
Pág. 30
- Figura 13* Árvore de decisão para emissões de embarcações. (Fonte: *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, 2006)
Pág. 31

- Figura 14** Porto do Rio de Janeiro. (Fonte: Companhia Docas do Rio de Janeiro - 24^a Encontro dos Portos Organizados Sistema de Desempenho Portuário Antaq . Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/porta1/pdf/Palestras/2015/2015_ReuniaoSDP/1_ApresentacaoInstitucionaldoPortodoRiodeJaneiro.pdf>. Acesso em: 03 de julho de 2016)
Pág. 45
- Figura 15** Entrada na Baía de Guanabara (acesso marítimo) (Fonte: Companhia Docas do Rio de Janeiro - 24^a Encontro dos Portos Organizados Sistema de Desempenho Portuário Antaq. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/porta1/pdf/Palestras/2015/2015_ReuniaoSDP/1_ApresentacaoInstitucionaldoPortodoRiodeJaneiro.pdf>. Acesso em 03 de julho de 2016)
Pág. 46
- Figura 16** Porto do Rio de Janeiro – píeres de atracação. (Fonte: Companhia Docas do Rio de Janeiro - 24^a Encontro dos Portos Organizados Sistema de Desempenho Portuário Antaq. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/porta1/pdf/Palestras/2015/2015_ReuniaoSDP/1_ApresentacaoInstitucionaldoPortodoRiodeJaneiro.pdf>. Acesso em 03 de julho de 2016)
Pág. 47
- Figura 17** Ponto de embarque do prático. (Fonte: Barra do Rio de Janeiro - Carta náutica. DHN n° 1511)
Pág. 48
- Figura 18** Área (ou zona) de fundeio. (Fonte: Barra do Rio de Janeiro - Carta náutica. DHN n° 1511)
Pág. 48
- Figura 19** Terminal de atracação. (Fonte: Barra do Rio de Janeiro - Carta náutica. DHN n° 1511)
Pág. 48
- Figura 20** Localização geográfica das estações de superfície na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. (Fonte: Pimentel *et al.* 2014)
Pág. 52
- Figura 21** Distribuição de frequência dos ventos para a estação Santos Dumont, referentes a: (a) composição total e períodos (b) tarde, (c) noite,(d) madrugada, (e) manhã. (Fonte: Pimentel et al., 2014)
Pág. 52
- Figura 22** A direção sudeste, observada na composição total: (a) composição total e períodos (b) tarde, (c) noite, (d) madrugada, (e) manhã. (Fonte: Pimentel et al., 2014)
Pág. 53
- Figura 23** Distribuição de frequência dos ventos para a estação Galeão, referentes a: (a) composição total e períodos (b) tarde, (c) noite, (d) madrugada, (e) manhã. (Fonte: Pimentel et al., 2014)
Pág. 54
- Figura 24** Tempo estimado utilizado nas operações “de manobras” e “hotelling” das embarcações, nos períodos de verão e inverno. (Fonte: A autora)
Pág. 64
- Figura 25** Quantidade estimada de CO₂ emitida nas operações “de manobras” e “hotelling” das embarcações, nos períodos de verão e inverno. (Fonte: A autora)
Pág. 64

- Figura 26* Participação de cada tipo de navio em emissões estimadas de CO₂ (t) no verão, no modo operacional *hotelling*. (Fonte: A autora)
Pág. **65**
- Figura 27* Participação de cada tipo de navio em emissões estimadas de CO₂ (t) no inverno, no modo operacional *hotelling*. (Fonte: A autora)
Pág. **65**
- Figura 28* Participação de cada tipo de navio em emissões estimadas de CO₂ (t) no verão, no modo operacional de manobra. (Fonte: A autora)
Pág. **66**
- Figura 29* Participação de cada tipo de navio em emissões estimadas de CO₂ (t) no inverno, no modo operacional de manobra. (Fonte: A autora)
Pág. **67**
- Figura 30* VERÃO - Tipos de navios X Número de chamadas (Fonte: A autora)
Pág. **67**
- Figura 31* INVERNO - Tipos de navios X Número de chamadas (Fonte: A autora)
Pág. **68**
- Figura 32* VERÃO - Tipos de navios X Tempo de manobra (Fonte: A autora)
Pág. **69**
- Figura 33* INVERNO - Tipos de navios X Tempo de manobra (Fonte: A autora)
Pág. **69**
- Figura 34* Estimativas de emissões de CO₂ (t) para os Portos do Rio de Janeiro, Yangshan e Incheon nos diferentes modos de operação desenvolvidos pelos navios inventariados. (Fonte: A autora)
Pág. **71**
- Figura 35* Movimentações de carga no período de 2005 a 2015 em PO's e TUP's. (Fonte: ANTAQ, 2016)
Pág. **72**

LISTA DE QUADROS E TABELAS

- Quadro 01* Estudos acadêmicos sobre emissões do transporte marítimo nos portos.
Pág. **36** (Extraído de: Merk, 2014)
- Quadro 02* Tipos de navios listados no Inventário (classificação à partir de dados da ficha técnica das embarcações). (Fonte: A autora)
Pág. **56**
- Tabela 01* Anexo VI da MARPOL – Limites de Enxofre no Combustível. (Fonte: Disponível em: <www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php>. Acesso em 05 de abril de 2016)
Pág. **19**
- Tabela 02* Anexo VI da Marpol – Limites de Emissões NOx. (Fonte: Disponível em: <www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php>. Acesso em 05 de abril de 2016)
Pág. **20**
- Tabela 03* Emissões relativas de CO₂ de diferentes modalidades de transporte. (Fonte: MOL, 2004 *apud Royal Academy of Engineering*, 2013).
Pág. **24**
- Tabela 04* Modos de operação de navios. (Fonte: IMO, 2014)
Pág. **34**
- Tabela 05* Detalhamento dos dados que caracterizam a atividade, a demanda de potência efetiva do motor principal em média e de emissões específicas para cada tipo e tamanho de navio, dentro da análise da indústria do transporte, usando o método *bottom-up* (dados para o ano de 2011). (Fonte: IMO, 2014)
Pág. **103**
- Tabela 06* Resumo da potência média de motores auxiliares de alguns tipos de navios. (Fonte: Air Emissions Inventory-Port of Long Beach, 2016).
Pág. **58**
- Tabela 07* Fatores de emissão em g/kWh relativos ao tipo de motor/combustível para Motores Auxiliares. MSD = diesel de velocidade média, HSD = diesel de alta velocidade, MGO = gasóleo marítimo, MDO = Óleo diesel marinho, RO = óleo residual. (Fonte: European Commission Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community. Entec, 2002).
Pág. **59**
- Tabela 08* Planejamento do setor Portuário Brasileiro (Porto do RJ) na implantação dos Projetos de Inteligência Logística Portuária. (Fonte: Laboratório de Transportes e Logística – LABTRANS, 2014).
Pág. **73**

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- AB – Arqueação
- AFRA – *Average Freight Rate Assessment*
- AHTS - *Anchor Handling Towing and Supply*
- AIS – *Automated Identification System*
- ANA – Agência Nacional de Águas
- AR - Calado á ré
- AV - Calado à vante
- BC – *Bulk Carriers*
- BHP – *Brake horsepower*
- BIBO – *Bulk In, Bags Out.*
- BSFC – Consumo Específico de Combustível do Freio
- CDRJ – Companhia Docas do Rio de Janeiro
- CH₄ - Metano
- CL - Cortes longitudinais
- CO₂ - Dióxido de carbono
- CO₂ – Dióxido de carbono
- CO₃²⁻ - Íons carbonato
- COP21 - 21ª Conferência das Partes
- COPPE-UFRJ -
- CO_x – Óxido de carbono
- CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
- CSI – *The Clean Shipping Index*
- DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação
- DIC - Carbono inorgânico dissolvido
- DMA – Diesel marítimo
- DOC - Carbono orgânico dissolvido
- DSD – Closed Shelter Deck
- DWT – *Dead weight*
- DWT - Deslocamento *Deadweight*
- DWT - Deslocamento deadweight
- ECA – Área de Controle de Emissão

ECCP - *European Climate Change Programme*
EEDI - Índice de Projeto para Eficiência Energética
EEOI - Operacional de Eficiência Energética
ELUC - Emissões por desmatamento e mudanças no uso da terra
EMEP/CORINAIR - *Inventory of Air Emissions Guide*
EPA - *Environmental Protection Agency of the US*
ESI - Índice Navio Ambiental
ETS - *Emissions Trading Scheme*
FCC - *Full Container Carrier*
FEP - Emissões de combustíveis fósseis e da indústria
FLO-FLO – *Float-On / Float-Off Ships*
FR - Forçante radiativa
GATM - Crescimento de carbono na atmosfera
GEE - Gases de Efeito Estufa
GLP – Gás de Petróleo Liquefeito
GNL – Gás Natural Liquefeito
GPV – *General Purpose Vessel*
GtCO₂eq - Gigatoneladas de CO₂ equivalente
HCO₃⁻ - Bicarbonato
ICAO - Organização da Aviação Civil Internacional
IEA - *International Energy Agency*
IMO – Organização Marítima Internacional
iNDC - Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*
IPCC - Programa de Trabalho realizado pelo Primeiro Grupo de Trabalho
ISO – *International Standard Organization*
LA - Linhas de água
LB - Linha base
LGC – *Large Gas Carriers*
LNG – Gás natural liquefeito

LPG – Gases de petróleo liquefeitos

MARPOL – *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships 73/78*

MCTI - O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MEPC - Comitê de Proteção do Meio Ambiente Marinho

MEPC-62 – 62ª Sessão do Comitê de Proteção ao Meio Ambiente Marinho

MGC – *Medium Gas Carriers*

MGO – *Marine Gasoil*

MRV - *Monitoring, Reporting and Verification*

N₂O - Óxido nitroso

NAMAS - Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas

NEE – Troca líquida de CO₂ no ecossistema

NMM – Nível Médio do Mar

NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*

NO_x – Óxido de nitrogênio

O₃ - Ozônio

OECD - *The Organisation for Economic Co-operation and Development*

ONU – Organização das Nações Unidas

PB - Plano base

PEMC – Política Estadual sobre Mudança do Clima e Desenvolvimento Sustentável

PIB – Produto Interno Bruto

PNMC - Política Nacional sobre a Mudança do Clima

PO – Portos Organizados

PPM - Partes por milhão

RC – Sistema “Rastreador de Carbono”

REFCV - *Refrigerated Container Vessel ou Reefer Container Vessel*

RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro

RO-LO – *Pallet carrier Roll-On/Lift-Off*

RoRo – Roll-on/Roll-Off

RPM – Rotações por minuto

SEC-IMO – Secretaria Executiva da Comissão Coordenadora dos Assuntos da Organização Marítima Internacional

SEEMP - Plano de Gerenciamento de Eficiência Energética de Navio

SF – Sistema Frontal

SOCEAN - "Sumidouros" de CO₂ no oceano

SO_x – Óxido de enxofre

TM5 – Módulo de Transporte Interrelacionado

TUP – Terminais de Uso Privado

UCL - *University College London*

UE – União Européia

UNFCCC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

UNFCCC - Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima da Organização das Nações Unidas

WGII AR5 - Segundo Grupo de Trabalho do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC 2014

WGIII AR5 - Terceiro Grupo de Trabalho do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC 2014

WPCI - *World Port Climatic Initiative*

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Objetivo Geral	3
1.1.2 Objetivos Específicos	3
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1 COMPORTAMENTO, CICLO, IMPACTOS, FONTES E SUMIDOUROS DO CO ₂ EMITIDO PARA A ATMOSFERA	4
2.2 NAVIOS: DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO	100
2.2.1 Tipos de Navios	11
2.2.2 Propulsores, motores, combustíveis e emissões de navios	12
2.3 A IMO E O CONTROLE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	17
2.3.1 As emissões de GEE e a navegação comercial	21
2.3.2 O Brasil e as emissões de GEE	24
2.3.2.1 Cenário nacional	24
2.3.2.2 Cenário local: Rio de Janeiro	25
2.4 INVENTÁRIOS DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS PARA O MODAL MARÍTIMO	25
2.5 ESTUDOS SOBRE EMISSÕES DE GEE EM PORTOS MARÍTIMOS	35
2.6 AÇÕES DE SUSTENTABILIDADE PARA O MODAL MARÍTIMO	38
2.6.1 Outras ações	43
3 METODOLOGIA	45
3.1 DELIMITAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO: O PORTO DO RIO DE JANEIRO	45
3.2 ANÁLISE CLIMATOLÓGICA DA REGIÃO	49
3.3 PREPARAÇÃO DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE CO ₂ DE NAVIOS MOVIMENTADOS NA BAÍA DE GUANABARA	55
3.4 LIMITAÇÕES DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE CO ₂ DE NAVIOS MOVIMENTADOS NA BAÍA DE GUANABARA	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
4.1 A NECESSIDADE DA SUSTENTABILIDADE PORTUÁRIA NO BRASIL	71
4.2 SUGESTÕES PARA A SUSTENTABILIDADE PORTUÁRIA NO RIO DE JANEIRO	74
5 CONCLUSÕES	78
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	79
REFERÊNCIAS	81
APÊNDICE A	92

Extrato de inventário de navios (verão) - Estimativa de emissão de CO ₂ para o modo operacional de manobra (considerando o motor principal das embarcações)	
APÊNDICE B	94
Extrato de inventário de navios (verão) - Estimativa de emissão de CO ₂ para o modo operacional de manobra (considerando os motores auxiliares das embarcações)	
APÊNDICE C	96
Extrato de inventário de navios (verão) - Estimativa de emissão de CO ₂ para o modo operacional <i>hotelling</i> (considerando os motores auxiliares das embarcações)	
APÊNDICE D	98
Extrato de inventário de navios (inverno) - Estimativa de emissão de CO ₂ para o modo operacional de manobra (considerando o motor principal das embarcações)	
APÊNDICE E	100
Extrato de inventário de navios (inverno) - Estimativa de emissão de CO ₂ para o modo operacional de manobra (considerando os motores auxiliares das embarcações)	
APÊNDICE F	102
Extrato de inventário de navios (inverno) - Estimativa de emissão de CO ₂ para o modo operacional <i>hotelling</i> (considerando os motores auxiliares das embarcações)	
ANEXO A	104
Detalhamento dos dados que caracterizam a atividade, a demanda de potência efetiva do motor principal em média e de emissões específicas para cada tipo e tamanho de navio, dentro da análise da indústria do transporte, usando o método <i>bottom-up</i> (dados para o ano de 2011)	

1 INTRODUÇÃO

A grande extensão do litoral brasileiro e a concentração da atividade econômica próxima à costa, dado o padrão histórico de ocupação do espaço territorial, favorecem o transporte de cargas através da navegação, cujo potencial é evidente, considerando-se que as maiores cidades do país e as capitais da maioria dos estados com acesso ao mar são próximas de grandes portos, por exemplo, o Rio de Janeiro (LACERDA, 2004). Pode se dizer que a atividade portuária é, na sua essência, um aglomerado produtivo cuja especialidade é a movimentação de mercadoria oriunda de embarcações marítimas ou fluviais numa área definida, que tem como objetivo o comércio exterior, gerando divisas e fazendo o equilíbrio da balança comercial do país (PONTES, 2015).

Segundo a UNCTAD (2015), o transporte marítimo é a espinha dorsal do comércio internacional e da globalização, sendo transportado por via marítima mais de 80 por cento do comércio mundial de mercadorias.

Para Eyring *et al.* (2010), cerca de 70% das emissões dos navios ocorrem dentro de 400 km de litorais, causando problemas de qualidade do ar em áreas costeiras e portos com tráfego intenso e ocasionando um impacto climático. Solomon (2004) também afirma que os portos marítimos são os principais centros de atividade econômica e poluem ambientalmente áreas urbanas costeiras.

Numa comparação com outros meios de transporte, o transporte marítimo é menos poluidor (IMO, 2009), uma vez que as emissões atmosféricas provenientes do mesmo são relativamente baixas (MERK, 2014). Dentre as emissões provenientes deste modal, destacam-se os gases de efeito estufa (GEE), cuja concentração na atmosfera tem aumentado, desde a metade do século passado. Os GEE desempenham um papel fundamental no aumento da temperatura média do ar próxima à superfície terrestre, e o aumento de sua concentração tem sido apontado como uma das causas para o aquecimento global e as alterações climáticas.

Conforme Lacis *et al.* (2010), existe uma ampla evidência física apontando o dióxido de carbono (CO₂) como o mais importante gás de efeito estufa (GEE), em matéria de clima na atmosfera da Terra, indicando uma necessidade de redução e controle das emissões desse composto.

Winnes *et al.* (2015) relatam que as mudanças climáticas receberam recentemente mais atenção pelo setor de transporte marítimo.

Com relação às emissões globais de carbono na atmosfera, para a UNCTAD (2015), embora a contribuição da navegação internacional seja baixa quando avaliada por unidade de carga e distância percorrida, estas emissões são susceptíveis de aumentar, se não forem controladas. Cenários de previsão a médio prazo sugerem essa situação, que depende do crescimento econômico e da demanda global de energia.

Ainda conforme a UNCTAD (2015), devido à crescente demanda dos clientes por uma maior responsabilidade social das empresas nas cadeias de fornecimento globais e às exigências do mercado, mudanças significativas no setor dos transportes marítimos estão sendo geradas, visando a sustentabilidade.

O controle das emissões atmosféricas para o transporte marítimo tem sido efetuado através de medidas obrigatórias de regulamentação e medidas voluntárias adotadas, para os navios que estejam em viagem ou dentro de uma determinada zona portuária.

De acordo com a IMO (2014), as emissões provocadas por navios são estimadas conforme o modo operacional desenvolvido pelas embarcações, ou seja, o funcionamento de seus motores principais para uma situação em que a embarcação esteja em viagem (modo operacional normal de cruzeiro) ou para uma situação em que a embarcação encontre-se nos limites de uma zona portuária (modos operacionais de marcha reduzida, *hotelling* e manobra).

No Brasil, para os navios oceânicos em modo operacional de manobra, navegando com velocidade reduzida em uma zona portuária, é mandatória a presença um profissional qualificado para essa navegação à bordo dos navios, o prático. Portanto, a Praticagem é um serviço regulamentar oferecido aos navegantes, prestado nestas zonas portuárias, em áreas que apresentem dificuldades ao tráfego livre e seguro de embarcações, em geral de grande porte para a efetivação das programações (movimentações) dos navios. Durante o período de *hotelling*, esses navios estarão atracados em *piers* ou cais portuários, ou, ancorados na Baía de Guanabara.

Com relação às emissões atmosféricas de navios que estejam nos limites de uma área portuária, Merk (2014) afirma que os níveis absolutos dessas emissões podem, em grande medida, ser explicados pelas atividades portuárias: os portos com mais chamadas de navios geralmente têm níveis mais elevados de emissões. Nesse aspecto, é importante a realização de inventário de emissões em áreas portuárias. Contudo, segundo o autor, ainda há um número limitado de estudos sobre as emissões dos navios nos portos.

Como são poucos os estudos referentes à problemática das emissões dos transportes marítimos nos limites de uma zona portuária, este trabalho visa preencher essa lacuna para o Brasil, em especial para a zona portuária do Rio de Janeiro, cuja movimentação de embarcações deverá crescer ainda mais nos próximos anos. A percepção e a exposição da problemática ambiental com relação às emissões de CO₂ pelo modal marítimo na região da Baía de Guanabara e zona portuária do Rio de Janeiro é relevante para evidenciar a importância da adoção de práticas “verdes” de gestão ambiental para o porto do Rio de Janeiro.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Contribuir para a ampliação do conhecimento acerca de estratégias de controle e de gestão ambiental sustentável das operações portuárias de movimentação de navios, e sua possível implementação em portos brasileiros, utilizando como estudo de caso o porto do Rio de Janeiro, a partir de estimativas de emissões de CO₂ associada ao transporte marítimo na região da Baía de Guanabara.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Entender a parcela de contribuição de CO₂ no cenário de emissões na região da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro;
- Apresentar o status do conhecimento acerca de ações de sustentabilidade desenvolvidas para o modal marítimo, com relação à emissão de GEE;
- Contribuir com a ampliação do conhecimento acerca de medidas de mitigação e políticas “verdes” adotadas em zonas portuárias, referentes às emissões de CO₂ dos navios movimentados, e incentivar a gestão ambiental sustentável em portos brasileiros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 COMPORTAMENTO, CICLO, IMPACTOS, FONTES E SUMIDOUROS DO CO₂ EMITIDO PARA A ATMOSFERA

De acordo Barry e Chorley (2013), o ar é uma mistura mecânica de gases. O ar seco, em volume, é composto em mais de 99% de nitrogênio e oxigênio, que, apesar de sua predominância, são de pouca importância climática. Já os GEE desempenham um papel crucial na termodinâmica da atmosfera, aprisionando a radiação emitida pela Terra, produzindo assim o efeito estufa, que resulta da capacidade líquida de absorção de radiação infravermelha do vapor de água, do CO₂ e de outros gases – metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e ozônio troposférico (O₃). Como as concentrações desses gases são baixas, seus efeitos radiativos aumentam de forma aproximadamente linear com a concentração, ao passo que o efeito do CO₂ está relacionado com o logaritmo da concentração.

Segundo Lacis *et al.* (2010), a forçante radiativa fornecida pelo CO₂ e outros GEE é fundamental para evitar que o clima global esfrie sobremaneira, contribuindo assim com o efeito estufa do nosso planeta. Além do CO₂, com 20% de participação, e dos demais GEE e aerossóis, com 5%, o vapor de água seria responsável por cerca de 50% do efeito estufa da Terra e as nuvens contribuiriam com 25%.

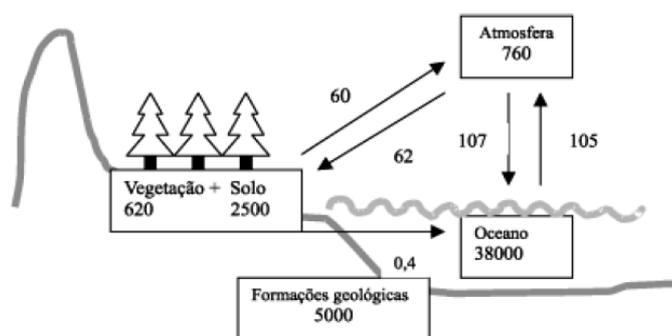
Conforme o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2001), aumentos nas concentrações de GEE proporcionam na atmosfera uma maior absorção das ondas longas irradiadas a partir da superfície da Terra, que seriam irradiadas para o espaço, caso não houvesse obstáculo, o que resulta numa FR positiva que tende a aquecer a atmosfera mais baixa e a superfície. Para o IPCC, a quantidade dessa FR depende do aumento da concentração de cada um dos GEE, das propriedades radiativas desses gases, e das concentrações de outros gases poluentes já presentes na atmosfera. O estudo também evidencia que durante o milênio anterior à Era Industrial, as concentrações atmosféricas de GEE permaneceram relativamente constante, no entanto, desde então, as concentrações dos diversos GEE aumentaram diretamente ou indiretamente devido às atividades humanas. No período de tempo de 1750 a 1999, a concentração atmosférica de CO₂ teria aumentado 31%. Nas décadas de 80 e 90, cerca de três quartos das emissões antropogênicas de CO₂ para a atmosfera foram devido à queima de combustível fóssil e o restante foi predominantemente devido à mudança no uso da terra, especialmente o desmatamento.

Segundo Barry e Chorley (2013), a sensibilidade da temperatura média do ar global a uma duplicação no teor de CO₂ está na faixa de 2 – 5^o C, enquanto que a remoção de todo o CO₂ atmosférico poderia reduzir a temperatura superficial média em mais de 10^o C.

O CO₂ está envolvido em um complexo ciclo global. Conforme o IPCC (2007), durante milhões de anos, o papel desempenhado pelo CO₂ no ciclo natural do carbono, envolve fluxos contínuos de grandes quantidades de carbono entre o oceano, a biosfera terrestre e a atmosfera, sendo o carbono convertido em biomassa por meio da fotossíntese.

Machado (2005), a partir da Figura 01, obteve uma representação esquemática dos diferentes compartimentos de carbono na Terra, com seus estoques e respectivos fluxos, constatando, como maior compartimento, aquele presente no oceano (38000 PgC), seguido do compartimento presente nas formações geológicas (5000 PgC). O carbono das formações geológicas consiste de 4000 PgC presentes no carvão, 500 PgC no petróleo e 500 PgC no gás natural. O compartimento de carbono do solo (2500 PgC) é o maior nos ecossistemas terrestres e é constituído pelo carbono orgânico (1500 PgC) e mineral (1000 PgC).

Figura 01 - Ciclo global do carbono com estoques (em PgC = 10¹⁵ gC) nos diferentes compartimentos da Terra e fluxos de carbono (em Pg C ano⁻¹).

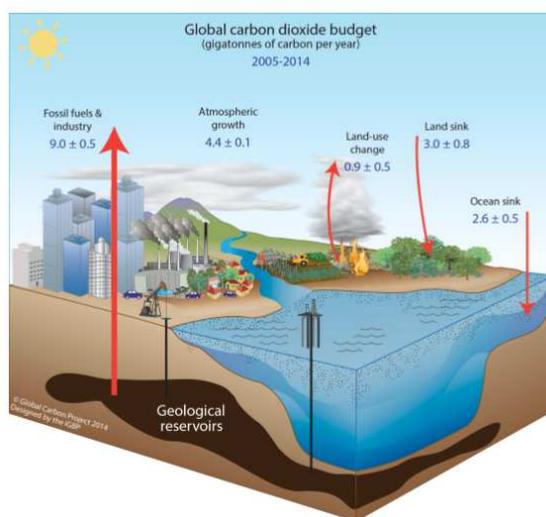


Fonte: Machado (2005).

Le Quéré *et al.* (2015) relatam que a avaliação precisa da emissão antropogênica de CO₂ e sua redistribuição entre a atmosfera, oceanos e biosfera terrestre é importante para a melhor compreensão do ciclo global do carbono, o apoio ao desenvolvimento de políticas climáticas, e a projeção futura de mudanças climáticas. O balanço global médio do carbono na última década (2005-2014) é mostrado na Figura 02, com representações para as emissões de combustíveis fósseis e da indústria (FEP), as emissões por desmatamento e mudanças no uso da terra (ELUC), o crescimento de carbono na atmosfera (GATM) e a absorção de

carbono pelos "sumidouros" no oceano (SOCEAN) e terrestres (reservatórios *land*). Para o período de tempo estudado pelos pesquisadores, 91% do total de emissões (FEP + ELUC) foram causadas por combustíveis fósseis e pela indústria, e 9% por mudanças no uso da terra. As emissões totais foram divididas entre a atmosfera (44%), o mar (26%) e a terra (30%).

Figura 02 - Representação esquemática da perturbação do ciclo de carbono global causado por atividades antropogênicas, média global para a década 2005-2014. Todos os fluxos estão em unidades de GtCyr-1, com incertezas avaliadas como $\pm 1\sigma$ (68% confiança de que o valor real encontra-se dentro do intervalo dado).



Fonte: Le Quéré *et al.* (2015).

Para o IPCC (2014a), a contribuição do Terceiro Grupo de Trabalho do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC 2014 (WGIII AR5) evidencia que as emissões anuais de gases de efeito estufa cresceram em média 1,0 gigatoneladas de CO₂ equivalente (GtCO₂eq) (2,2%) por ano no intervalo de 2000 a 2010, em comparação com 0,4 GtCO₂eq (1,3%) por ano de 1970 a 2000. Segundo o estudo, as emissões de GEE antropogênicos totais foram as mais altas na história da humanidade no período de 2000-2010 e chegaram a 49 ($\pm 4,5$) GtCO₂eq/ano em 2010. Só as emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis e processos industriais de CO₂ contribuíram com cerca de 78% do total do aumento das emissões de GEE de 1970-2010, com uma contribuição percentual semelhante para o período de 2000-2010. Tais emissões de CO₂, relacionadas com os combustíveis fósseis, chegaram a 32 ($\pm 2,7$) GtCO₂/ano, em 2010, e cresceram ainda mais em cerca de 3% entre 2010 e 2011 e em cerca de 1-2% entre 2011 e 2012. O IPCC (2014a) também cita que dos

49 ($\pm 4,5$) GtCO₂eq/ano de emissões totais antropogênicas de GEE em 2010, o CO₂ respondeu por 76% ($38 \pm 3,8$ GtCO₂eq/ano) do total das emissões antropogênicas de GEE em 2010, e, entre 2000 e 2010, as emissões anuais antropogênicas de GEE aumentaram 10 GtCO₂eq, com este aumento vindo diretamente dos setores de fornecimento de energia (47%), indústria (30%), transportes (11%) e edifícios (3%).

De acordo com Barry e Chorley (2013), a partir de 1957, um registro detalhado das concentrações atmosféricas têm sido realizado no Observatório de Mauna Loa, no Havaí, com variação na concentração de CO₂ de 315 ppm em 1957 para 383 ppm em 2007.

Estima-se que as emissões atuais devam ser minimizadas em pelo menos 80% para possibilitar uma estabilização da concentração dos GEE na atmosfera. Naturalmente, quanto mais ambiciosa for a meta de limitação do aquecimento global, mais cedo as emissões globais têm de começar a declinar, para se estabilizar a concentração de GEE em nível menos elevado, e maiores os custos de mitigação das emissões (PBMC, 2014).

O Segundo Grupo de Trabalho do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC 2014 (WGII AR5) relata que o aumento da significância do aquecimento eleva a probabilidade de impactos graves, profundos e irreversíveis. Alguns riscos das mudanças climáticas são consideráveis em temperaturas de 1 ou 2°C acima dos níveis pré-industriais, no entanto, os riscos globais das mudanças climáticas são muito elevados no caso de um aumento da temperatura média global de 4°C ou mais, acima dos níveis pré-industriais, e incluem impactos graves e generalizados em sistemas únicos e ameaçados.

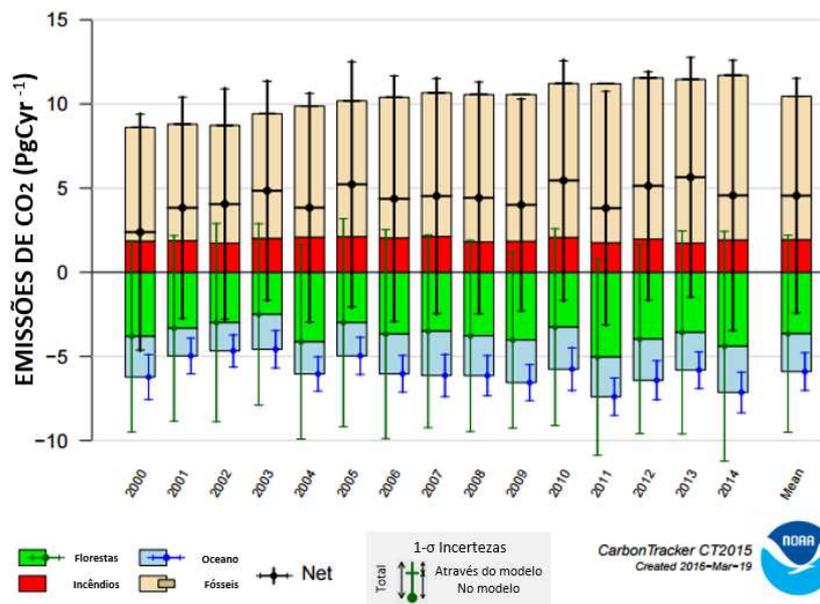
O WGII AR5 (IPCC, 2014) ainda mostra que a variabilidade e os extremos climáticos têm sido importantes em muitos contextos de tomada de decisão, pois, responder aos riscos relacionados ao clima, os quais são resultados da interação entre desastres climáticos, vulnerabilidade e exposição dos sistemas humanos e naturais, envolve a tomada de decisão e os limites para uma adaptação efetiva. Muitos dos riscos globais das mudanças climáticas estão concentrados em áreas urbanas, sendo maiores para aqueles que não possuem infraestrutura e serviços essenciais ou que vivem em moradias de baixa qualidade e em áreas expostas.

Uma estratégia que auxilia na contenção dos níveis de CO₂ para a atmosfera é a identificação de prováveis fontes e sumidouros desse gás. Conforme o WGIII AR5 (IPCC, 2014), a intervenção humana na mitigação deve objetivar reduzir as fontes ou aumentar os sumidouros de GEE.

Um estudo de Jang *et al.* (2014), para o México e a América Latina, utiliza o conceito de sistema “Rastreador de Carbono” (RC), através da análise de fontes e sumidouros de CO₂, identificando essas fontes e buscando compreendê-las, ou seja, compreendendo as trocas gasosas entre a atmosfera e os oceanos, e as emissões de gases de incêndios florestais e de combustíveis fósseis.

A versão CT2015 do RC fornece estimativas globais dos fluxos de CO₂ entre a superfície e a atmosfera para o período de Janeiro/2000 a Dezembro/2014 (NOAA, 2016) (Figura 03). Com o RC, as respostas às políticas destinadas a limitar as emissões de gases de efeito estufa também podem ser avaliadas, ajudando a melhorar as estratégias de mitigação.

Figura 03 - Emissões globais anuais.

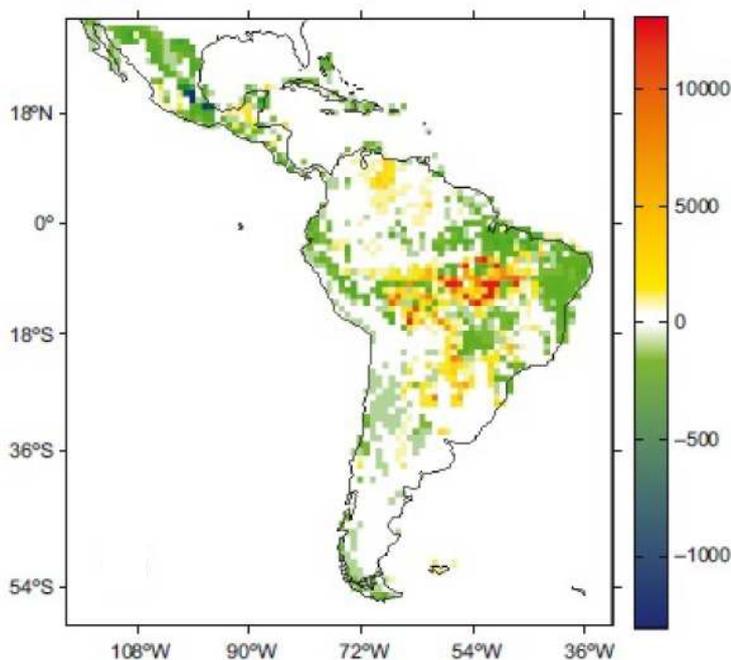


Fonte: Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/carbontracker/fluxtimeseries.php?region=Global#imatable>>. Acesso em 07 de junho de 2016.

As barras na Figura 03 representam as emissões de CO₂ para cada ano (de 2000 a 2014) em PgC ano-1 sobre o globo. Modelos RC são para quatro tipos de intercâmbio de CO₂ entre a superfície e a atmosfera, cada um dos quais é mostrado em uma cor diferente: emissões de combustíveis fósseis (bege), fluxo da biosfera terrestre excluindo incêndios (verde), as emissões diretas de incêndios (vermelho), e trocas gasosas ar-oceano (azul). Emissões negativas indicam o fluxo de remoção do CO₂ da atmosfera. A troca de superfície líquida, calculada como a soma destas quatro componentes, é mostrado como uma linha preta espessa.

Jang *et al.* (2014), mostra o padrão espacial em troca líquida de CO₂ no ecossistema (NEE) na troposfera livre da biosfera terrestre, em média, para o período de 2000-2009, como modelado pela RC, confirmando que sumidouros na América Latina estão localizados principalmente nas regiões de floresta de Campina Grande e Natal, fronteira com o Oceano Atlântico, e nas regiões agrícolas/de gramíneas ao redor de Anapu e Altamira, no Brasil; regiões de floresta ao longo do Golfo do México; e regiões florestais na montanha dos Andes, ao longo do Oceano Pacífico, no Peru. Já as fontes líquidas de CO₂ liberadas à atmosfera, estão localizados principalmente nas áreas desmatadas ao longo do rio Amazonas, regiões ao longo do equador, regiões de fronteira entre Guatemala e México e regiões em processo de mudança do uso da terra no rio Mamoré, divisor de águas, ao norte da Cordilheira dos Andes nas terras baixas da Bolívia. Na Figura 04, as unidades são GgC/ano, e os valores são dados pela escala de cores representado à direita da figura. Fluxos negativos (cores azuis) representam absorção de CO₂ pela biosfera terrestre, ao passo que os fluxos positivos (cores vermelhas) indicam regiões onde a biosfera terrestre é uma fonte líquida de CO₂ para a atmosfera.

Figura 04 - Fluxos médios do ecossistema (2000-2009) em GgC/ano na América Latina (Resolução 1°x1°).



Fonte: Jang *et al.* (2014).

E os níveis de CO₂ atmosféricos estão alcançando valores nunca vistos. Para Keenan *et al.*(2016) os sumidouros de CO₂ no ecossistema não possuem uma taxa de captação constante e existe assim uma alta variação de ano para ano em resposta a mudanças na atmosfera (por exemplo, eventos El Niño, erupções vulcânicas e variabilidade climática natural). Um estudo de Betts *et al.* (2016) mostra que o recente evento de El Niño contribuiu para o aumento da concentração de CO₂ no ano de 2016. Utilizando emissões, dados de temperatura da superfície do mar e um modelo climático, os pesquisadores preveram que a concentração de CO₂ em Mauna Loa iria pela primeira vez permanecer acima de 400 ppm durante todo o ano de 2016 e, portanto, para a existência humana.

2.2 NAVIOS: DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

De acordo com a IMO (2006), navio é uma embarcação de qualquer tipo que opere no meio marinho e inclui embarcações de sustentação hidrodinâmica, veículos de colchão de ar, submersíveis, meios flutuantes e plataformas fixas ou flutuantes.

O navio ou embarcação, segundo Silva (2007), é uma unidade técnica flutuante extremamente complexa, cuja concepção depende de um conjunto de fatores tais como a sua finalidade pois o construtor naval é confrontado com a necessidade de conciliar essa finalidade (capacidade de transporte, tipos de cargas, tipo de tráfego, etc.) com as dimensões, forma, estabilidade, hidrodinâmica, etc.

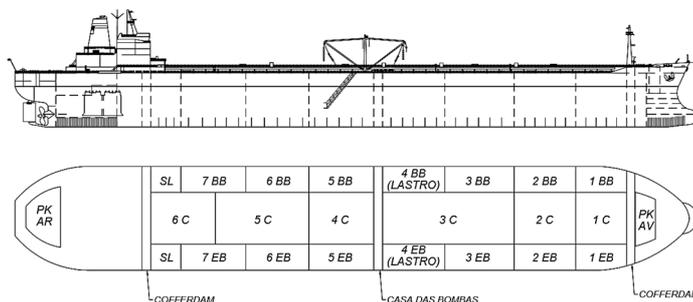
Silva (2007) define a forma básica de um navio através de um desenho designado por plano geométrico ou plano de formas, que representa o seu casco em três perspectivas, e, ressalta que, o navio ainda tem, como todas as construções com volume, as três dimensões básicas: o comprimento, a altura e a largura, mantendo a designação da primeira (comprimento) e dando à largura o nome de “boca” e à altura o de “pontal”, existindo também outras dimensões características no sentido da altura do casco, como é o caso do “calado”: distância vertical entre o ponto mais baixo da quilha (superfície inferior) e o plano de flutuação.

Em Tupper (2013), o termo deslocamento de massa é usado para caracterizar o deslocamento de um navio. Embora influenciando seu comportamento, o deslocamento não é uma medida direta da capacidade de carga de um navio, e, para medir a capacidade, os termos *deadweight* (dwt) e tonelagem (ton) são utilizados.

Conforme a Resolução IMO MSC.99 (73), o *deadweight* é a diferença em toneladas entre o deslocamento de um navio em água com uma densidade específica de 1,025 na linha de água de carga, correspondente à borda livre de verão atribuída e ao peso leve do navio.

Quanto à tonelagem, Tupper (2013) afirma que seu uso originalmente foi derivado de *tun*, que era um barril de vinho. O número de *tuns* que um navio carregava era uma medida de sua capacidade. Assim, a tonelagem é uma medida de volume, não uma medida de peso, e durante muitos anos a tonelada padrão foi tomada como 100 pés cúbicos (2,83 m³) - hoje em dia essa não é mais considerada a sua unidade. Duas "tonelagens" são de interesse para a comunidade internacional, a saber: a arqueação bruta, com base no volume de todos os espaços fechados e representando o tamanho total de uma embarcação, e, a tonelagem líquida, baseada no volume de espaços de carga mais o volume de espaços de passageiros multiplicado por um coeficiente, representando assim sua capacidade de carga (real capacidade comercial do navio) (Figura 05).

Figura 05 - Tanques de carga e lastro de um navio.



Fonte: Silva (2007).

2.2.1 Tipos de Navios

É enorme a diversidade de formas dos navios. Costa (2013) cita os tipos e características dos principais navios existentes, os quais são:

1. Navios de carga líquida ou liquefeita: navios-tanque especialmente projetados para o transporte de líquidos. Subdividem-se em navios petroleiros, que transportam derivados de petróleo, (nessa categoria incluem-se os navios *Panamax* e *Suezmax*, projetados para atravessar os Canais do Panamá e de Suez, respectivamente); e, navios de gases liquefeitos, em cuja classe de substâncias estão incluídos gases de petróleo liquefeitos (LPG), gás natural liquefeito (LNG) e vários outros gases químicos como amônia, propileno e etileno.

2. Navios de carga sólida ou seca: projetados para o transporte de sólidos. Subdividem-se em navios graneleiros; navios de carga geral (ou navio universal, polivalente ou *multi-purpose*); navios de carga rolada (também conhecidos como Ro-Ro ou *Roll-on/Roll-Off*) - concebidos para transportar veículos ou qualquer outro material circulante; e, navios de carga contentorizada - transportam *containers*.
3. Navios e embarcações de trabalho (no porto): Incluem-se nesta categoria as embarcações que desempenham um serviço de apoio a certas atividades marítimas (rebocadores portários, as dragas portuárias, os abastecedores, os barcos de combate a incêndios, de combate a poluição, etc.).
4. Embarcações que prestam apoio à indústria petrolífera (*offshore*).

2.2.2 Propulsores, motores, combustíveis e emissões de navios

Conforme a *Royal Academy of Engineering* (2013), vários tipos de propulsores (ou hélices) estão disponíveis para navios, e a escolha do tipo da hélice é determinada a partir do perfil operacional e o desejo de otimização do consumo de combustível, juntamente com quaisquer requisitos especiais de serviços para a embarcação, tais como manobras, redução da vibração, e as emissões de ruído na navegação em águas rasas (Figura 06). O motor diesel é, atualmente, o mais difundido meio de propulsão principal de motores marítimos.

Figura 06 - Hélice de um navio



Fonte: *Royal Academy of Engineering* (2013).

Segundo a NSW EPA (2015), sistemas de máquinas em navios têm duas finalidades principais: a) assegurar a propulsão do navio; e b) fornecer energia para os equipamentos de

navegação, gestão, controle, e aquecimento ou arrefecimento, a bordo. Tradicionalmente, isto tem sido resolvido com um motor dedicado principal para a propulsão e um conjunto de máquinas auxiliares que fornecem energia e calor adicional conforme necessário. Os motores diesel são motores de 2 ou 4 tempos com uma velocidade de cerca de 70 até vários milhares de rotações por minuto (RPM), sendo comum dividir as máquinas em três categorias de acordo com a taxa de revolução:

- motores de baixa velocidade: até 150 RPM - estes são na sua maioria grandes máquinas utilizadas a bordo de navios de grande porte no transporte marítimo internacional ou continental – normalmente em navios tanque, graneleiros, gaseiros e conteneiros.
- motores de média velocidade: de 150 a 1.000 RPM - usados principalmente em navios de carga pequena a média, balsas maiores e navios de cruzeiro.
- motores de alta velocidade: de 1.000 RPM e para mais - usados de forma consistente em navios menores.

A *Royal Academy of Engineering* (2013) exemplifica motores diesel de baixa velocidade ou motores médios (Figura 07), e cita que, além disso, todos os navios mercantes têm um gerador diesel-elétrico, para a geração de energia no caso de uma emergência.

Figura 07 - Motor principal Wärtsilä RT-flex82T versão B, a diesel, de baixa velocidade (foto da esquerda) e Motor Wärtsilä, a diesel, de média velocidade (foto à esquerda).

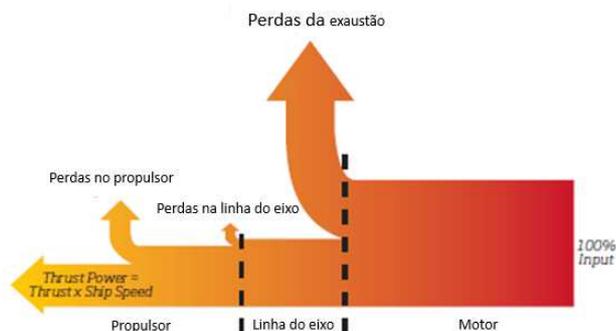


Fonte: *Royal Academy of Engineering* (2013).

A *Royal Academy of Engineering* (2013) também cita que algumas desvantagens potenciais da tecnologia diesel são que os motores a diesel produzem emissões de CO₂, bem como NO_x, SO_x, compostos orgânicos voláteis e material particulado, sendo as emissões de SO_x uma função do teor de enxofre do combustível utilizado no motor. Fluxos típicos da

energia perdida no sistema de propulsão de um navio, são ilustrados na Figura 08 (para um navio petroleiro ou graneleiro), antes que qualquer medida de conservação de energia seja implementada. A *Royal Academy of Engineering* (2013) ainda destaca que para alcançar a eficiência potencial e os benefícios ambientais, um navio deve ser considerado como um sistema de engenharia dentro do seu perfil operacional pretendido. Isto implica dizer que os aspectos de concepção, funcionamento e manutenção do navio tem que ser considerados como um sistema integrado. Mais especificamente, o projeto integrado tem de abraçar, dentro de um único sistema, as disciplinas tradicionais da arquitetura naval, engenharia naval e engenharia elétrica em conjunto com a tecnologia de controle.

Figura 08 - Fluxos típicos da energia em um navio tanque ou graneleiro e a representação das perdas no motor.



Fonte: *Royal Academy of Engineering* (2013).

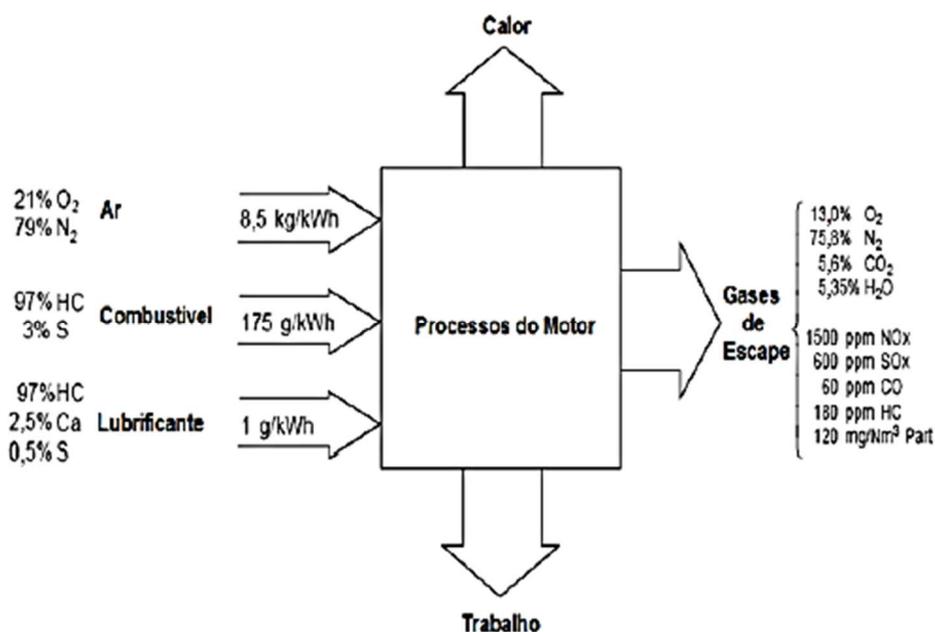
A PETROBRAS (2013) mostra que os combustíveis utilizados em navios podem ser classificados em duas categorias. Na primeira categoria enquadram-se os óleos residuais, óleos combustíveis marítimos, ou *bunker* (MF), produzidos a partir de formulações contendo principalmente frações pesadas da destilação (resíduos) e outros óleos diluentes. São utilizados em motores principais, de grandes dimensões, nos sistemas de propulsão de navios de grande porte. Na segunda categoria enquadra-se o diesel marítimo, DMA ou *marine gasoil* (MGO), produzido a partir das frações mais leves do processo de refino (gasóleos atmosféricos, majoritariamente), e utilizado, prioritariamente, nos sistemas auxiliares de geração de energia ou de emergência destas embarcações, sendo, entretanto, utilizado em motores principais, de propulsão, de embarcações de médio e pequeno porte.

Conforme PETROBRAS (2013), os óleos MF são comercializados em diversos tipos, classificados de acordo com a viscosidade cinemática a 50 °C, desde o MF 10 até o MF 700, e, as diversas faixas de viscosidade atendem às necessidades dos motores, com base nas

temperaturas possíveis de se aquecer o óleo na instalação que o utiliza. Além da diferença nos valores das viscosidades, a massa específica, os teores de água, vanádio, sódio, alumínio e silício, resíduo de carbono e teor de cinzas também distinguem os óleos combustíveis marítimos. Com relação ao diesel marítimo (MGO ou DMA) a ANP (Agência Nacional do Petróleo) possui requisitos de especificação diferentes dos MF's uma vez que a viscosidade cinemática e a massa específica são inferiores às observadas para o MF 10, e deve atender propriedades como, por exemplo, o índice de cetano, estabilidade à oxidação e aparência. A PETROBRAS (2013) ainda cita que a especificação dos Combustíveis Marítimos é estabelecida pela Resolução ANP N° 52 de 29 de Dezembro de 2010, complementada pela Resolução ANP N° 38 de 19 de novembro de 2012 e, a matéria-prima básica para a produção dos óleos *bunker* é o resíduo da destilação a vácuo, ao qual devem ser adicionados diluentes para acerto da viscosidade, em função do tipo de óleo desejado.

As emissões para a atmosfera geradas do processo de combustão no motor dos navios são referentes à reação química entre o combustível e um oxidante, comburente, que é o ar. A energia química é transformada em energia térmica, que é convertida em trabalho no interior do motor, e como resultado, tem-se os produtos da combustão (Figura 09) (WOODYARD, 2004).

Figura 09 - Entradas e saídas de um motor diesel de baixa rotação.



Fonte: Woodyard (2004).

Conforme o *Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships* (IMO, 2000) a composição dos gases de escape emitidos dos motores diesel marítimos compreende nitrogênio, oxigênio, CO₂ e vapor de água misturado com pequenas quantidades de monóxido de carbono, óxidos de enxofre e azoto, parcialmente reagido e hidrocarbonetos não queimados, assim como material particular.

Os gases de descarga dependem, assim, do projeto do motor, das condições de funcionamento do mesmo e da qualidade do combustível. O CO₂, por exemplo, constitui cerca de 5,6% a 6% do total das emissões. Segundo Cooper (2004), alguns fatores de emissão dependem de como um motor é executado (por exemplo, em marcha lenta e durante mudanças de carga rápidas ocorre o lançamento de mais poluentes associados à combustão incompleta), assim, indiretamente, o tipo de operação dos navios afetarão as exigências sobre as emissões dos motores.

Como o CO₂ é um gás inevitável no processo de combustão, e sua produção é diretamente proporcional ao consumo de combustível, a maior eficiência no uso de combustível ajudará a reduzir as emissões de CO₂ (WOODYARD, 2004).

Cooper (2004) ainda destaca que algumas mudanças nas emissões ocorrem a partir uma determinada idade de motor, mas estas são muitas vezes, difíceis de quantificar e são dependentes de rotinas de serviço e manutenção a bordo.

Atualmente, desenvolveu-se uma vasta gama de tecnologias marinhas modernas para navios verdes disponíveis no mercado, usadas para melhorar o desempenho e a sustentabilidade dos navios oceânicos. Essas tecnologias variam desde sistemas simples e de baixa capacidade, até sistemas muito capazes e altamente complexos, como o diesel-elétrico, e também as plantas duplas de geração de energia com GNL (RUTKOWSKI, 2016).

Documento da Schneider Electric Industries SAS cita sobre a preocupação existente com a poluição e emissões geradas pelos navios enquanto estiverem atracados no porto. Em todo o mundo, medidas fortes estão sendo tomadas em várias frentes para reduzir drasticamente tais emissões e, portanto, melhorar a qualidade de vida das comunidades ao redor do porto. Como uma grande solução verde, a conexão elétrica bordo-terra é incentivada por várias associações, sendo já implementada em portos da União Européia e Califórnia (EUA). Quando atracado, o navio estará conectado à rede elétrica, em vez de usar os seus motores auxiliares (SCHNEIDER, 2017).

Site oficial do Porto de Long Beach (Califórnia) relata que a poluição do ar por navios conectados ao sistema elétrico bordo-terra, durante a atracação, é reduzida em 95% (POLB, 2017).

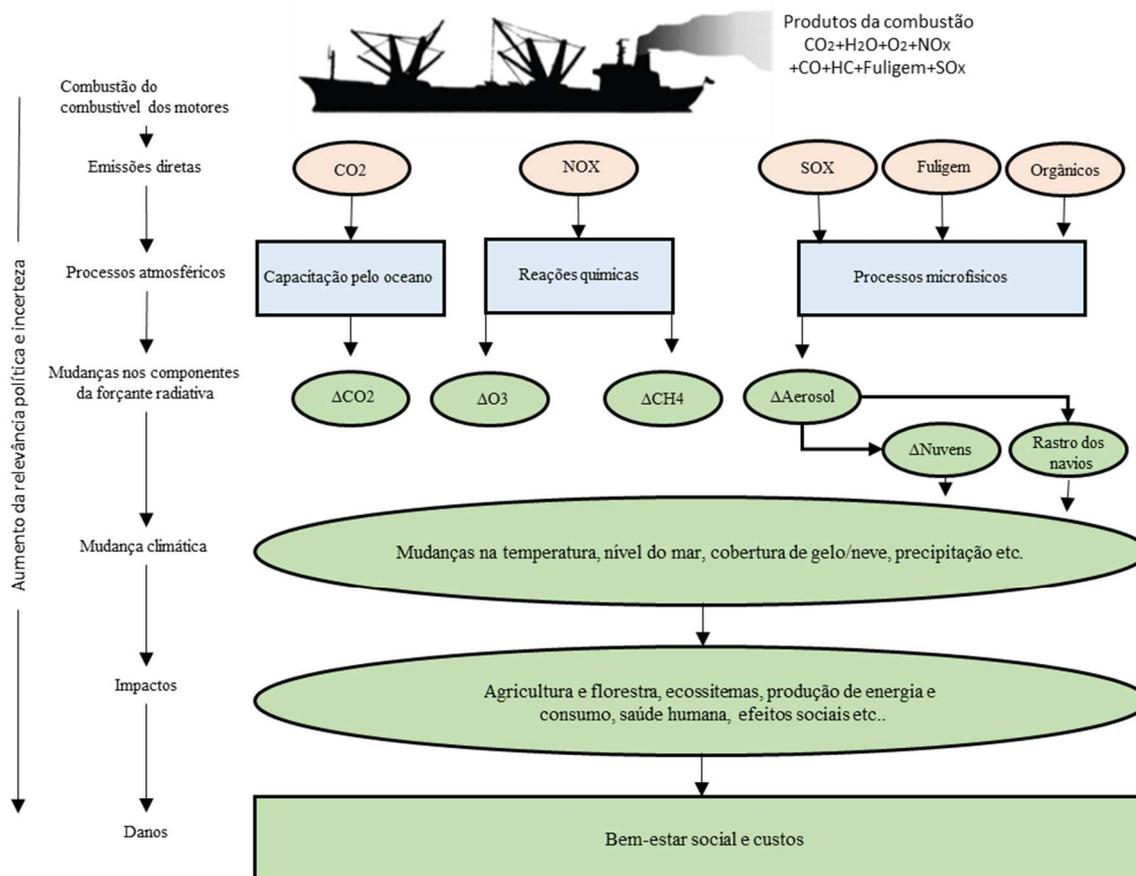
Porém, segundo Winkel *et al* (2015), não existe uma legislação internacional para assegurar a conexão elétrica bordo-terra de forma ampla no transporte marítimo, e a implementação na Europa e em outros portos ocorreu por conta própria.

2.3 A IMO E O CONTROLE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

A IMO, uma agência da Organização das Nações Unidas (ONU), foi criada para promover, inicialmente, a segurança marítima e, posteriormente, a poluição causada por óleo. Mais recentemente, a IMO também tem abrangido o tema da prevenção da poluição atmosférica, realizando estudos e discutindo soluções referentes às emissões atmosféricas de navios.

Com relação ao meio ambiente e ao problema crescente de decisões políticas, de acordo com a IMO (2009), várias questões sobre a natureza e a magnitude do impacto do setor de transporte marítimo sobre o clima foram levantadas. A IMO retrata ainda que as emissões dos navios dão origem a mudanças na abundância de gases emitidos na atmosfera. Através de processos atmosféricos, estas espécies de emissões podem sofrer reações atmosféricas, alterar processos microfísicos ou serem absorvidas/removidas pelos vários sumidouros (superfícies de terra e água) através da deposição seca e úmida. O custo social destes efeitos pode ser muito difícil de mensurar. Claramente, como um passo na direção desses impactos, eles se tornam mais relevantes, mas, correspondentemente mais incertos em termos quantitativos. Assim, os impactos globais de qualquer das emissões de navios sobre o clima são complexos (Figura 10).

Figura 10 - Diagrama esquemático sobre o impacto global das emissões do setor de transporte marítimo em matéria de mudanças climáticas.



Fonte: IMO (2009).

Uma das convenções mais importantes e significativas já emitidas pela IMO é a MARPOL (*International Convention for the Prevention of Pollution from Ships 73/78*). Como retratado por Cisneros (2012), a IMO focou primeiramente em poluentes, pois representam um risco direto ao meio ambiente (NO_x, SO_x e material particulado). O Anexo VI da MARPOL (“Regras para a Prevenção de Poluição do Ar por Navios”) estabelece limites para as emissões de NO_x e SO_x de descargas de navios, e proíbe a emissão deliberada de substâncias que destroem o ozônio. Entre as principais regras está a inclusão de um limite máximo de 4,5% de enxofre no conteúdo dos combustíveis marítimos.

Dois requisitos de qualidade de emissões e de combustível são definidos pelo Anexo VI da MARPOL: (1) requisitos globais, e (2) requisitos mais rigorosos aplicáveis aos navios nas Áreas de Controle de Emissões (ECA’s). Uma ECA pode ser designada para SO_x e PM (material particulado), ou NO_x, ou todos os três tipos de emissões dos navios, sujeitos a uma proposta de uma Parte (país signatário da Convenção) do Anexo VI, conforme (Figura 11).

As ECA's existentes incluem: Mar Báltico (SO_x, 2005); Mar do Norte (SO_x, 2005/2006); América do Norte, incluindo a maior parte dos Estados Unidos e da costa canadense (NO_x e SO_x, 2010/2012); Caribe, incluindo Porto Rico e Ilhas Virgens dos EUA (NO_x e SO_x, 2011/2014) (MARPOL, Consolidated Edition, 2011).

Figura 11 - Áreas de Controle de Emissão (ECA's).



Fonte: Disponível em:<www.shipownersclub.com>. Acesso em 11 de fevereiro de 2016.

Conforme o Anexo VI da Marpol, Cisneros (2012) descreve que, com relação às emissões de SO_x dos navios, o conteúdo de enxofre não deve exceder 1,5%, e, com o tempo, as porcentagens devem diminuir, passando a 3,5% em 1 de janeiro de 2012. Em abril de 2008 os estados membros, em uma reunião do Comitê de Proteção do Meio Marinho, decidiram que o conteúdo vai se limitar a 0,5% em todo o mundo a partir de 2020; e no caso das áreas especiais as reduções serão mais drásticas com 1% em 1 de julho de 2010 e 0,1% em 1 de julho de 2015 (Tabela 01).

Tabela 01 - Anexo VI da MARPOL – Limites de Enxofre no Combustível.

Data	Limites de enxofre no combustível (% m/m)	
	SO _x ECA	Global
2000	1.5%	4.5%
Jul/2010	1.0%	3.5%
2012		
2015	0.1%	
2020 ^a		0.5%
a – a data alternativa é 2025, a ser decidido em uma revisão em 2018		

Fonte: Disponível em:<www.dieselnets.com/standards/inter/imo.php>. Acesso em 05 de abril de 2016.

Cisneros (2012) também cita que, para o caso das emissões de NOx, as limitações são definidas para os motores a diesel, dependendo da velocidade de funcionamento máxima do motor, n (RPM). Sendo assim, a norma está dividida em três etapas (Tabela 02):

1. A primeira etapa é para navios construídos entre 1 de janeiro de 2000 e 1 de janeiro de 2011 (*Tier I*). As emissões não deverão exceder 17,0 g/kWh, para motores com rotação (n) inferior a 130 rpm; para motores com rotação entre 130 e 2.000 rpm o limite é: $45,0 \cdot n - 0,2$ g/kWh, e para motores com rotação acima de 2.000 rpm o limite é de 9,8 g/kWh.
2. A segunda etapa é para navios construídos a partir de 1 de janeiro de 2011 (*Tier II*). As emissões de NOx não deverão exceder 14,4 g/kW h, para motores com rotação inferior a 130 rpm e proporcionalmente para os motores de rotação mais alta.
3. A terceira etapa é para navios construídos a partir de 1 de janeiro de 2016 (*Tier III*). A regulamentação é mais drástica com um limite de 3,4 g/kW h, para motores com rotação inferior a 130 rpm. (CISNEROS, 2012).

Tabela 02 - Anexo VI da Marpol – Limites de Emissões NOx.

<i>Tier</i>	Data	Limite de NOx, g/kwh		
		$n < 130$	$130 \leq n < 2000$	$n \geq 2000$
<i>Tier I</i>	2000	17.0	$45 \cdot n - 0.2$	9.8
<i>Tier II</i>	2011	14.4	$44 \cdot n - 0.23$	7.7
<i>Tier III</i>	2016 *	3.4	$9 \cdot n - 0,2$	1.96

*Áreas de Controle de Emissão NOx (padrão *Tier II* aplicado fora das áreas ECA)

Fonte: Disponível em: <www.dieselnets.com/standards/inter/imo.php>. Acesso em 05 de abril de 2016.

A indústria marítima reconhece, assim, a necessidade de melhorar a qualidade do ar nos portos e zonas costeiras, a fim de manter a boa saúde para as populações que vivem nas zonas circundantes, exigindo uma redução das emissões de gases de escape nocivos dos navios (MURPHY *et al.*, 2013). A inicial preocupação com relação às emissões atmosféricas no transporte marítimo com a implementação de ferramentas de controle que visam a redução desses gases de escape influenciou também, na posterior atenção que foi dada pela IMO às questões de emissão de GEE, e sua possível mitigação.

2.3.1 As emissões de GEE e a navegação comercial

O Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2016) cita que, durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, a Rio 92, foi elaborada a UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima) e definidos compromissos e obrigações para todos os países (denominados Partes da Convenção), que levaram em consideração o princípio das responsabilidades comuns, porém, diferenciadas. Os países signatários comprometeram-se a elaborar uma estratégia global “para proteger o sistema climático para gerações presentes e futuras”.

Conforme o MMA (2016), o Protocolo de Kyoto constituiu um tratado complementar à UNFCCC, definindo metas de redução de emissões de CO₂ para os países desenvolvidos e os que, à época, apresentavam economia em transição para o capitalismo. Criado em 1997, o Protocolo entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005, logo após o atendimento às condições que exigiam a ratificação por, no mínimo, 55% do total de países-membros da Convenção e que fossem responsáveis por, pelo menos, 55% do total das emissões de 1990.

Segundo Kontovas e Psaraftis (2009), após o Protocolo de Kyoto, houve uma preocupação crescente sobre os efeitos das emissões de CO₂ da navegação comercial.

O Protocolo de Kyoto nos termos do artigo 2.2 afirma que "as Partes incluídas no Anexo I devem procurar limitar ou reduzir as emissões de GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal provenientes de combustíveis de aviação e marítimo internacional, por intermédio da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO) e da IMO, respectivamente." (ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2013).

Inicialmente, a falta de acordo a nível internacional levou nações individualmente ou grupos de nações a analisar a questão. A União Europeia, no âmbito do Programa de Mudança Climática Europeia II, lançado em outubro de 2005, incluiu o transporte marítimo em seus compromissos globais de redução de gases de efeito estufa (ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2013).

Somente a partir de 2011, seis anos após a vigência do Anexo VI da MARPOL sobre poluição atmosférica, a questão do controle das emissões de GEE pelo transporte marítimo passou a ser legislada, com base na problemática das mudanças climáticas.

Eyring *et al.* (2010) concluem que os esforços para reduzir emissões de CO₂ e outros poluentes dos navios levariam a benefícios ambientais consideráveis. Reduções de todas as

fontes de CO₂, incluindo navios e outros modos de transporte, vai ocasionar uma maior redução a longo prazo no aquecimento global.

Kollamthodi *et al.* (2013) também citam que o trabalho da IMO sobre as emissões de gases de efeito estufa foi iniciado com Resolução de 1997 numa Conferência da MARPOL, "Emissões de CO₂ dos navios", sendo exigida a realização de estudos sobre as emissões de GEE provenientes de navios pela IMO e consideradas estratégias viáveis para a redução de emissões de GEE. A partir de 2003, a IMO através do MEPC (Comitê de Proteção do Meio Ambiente Marinho) identifica e desenvolve mecanismos necessários para alcançar a limitação ou redução de emissões de gases de efeito estufa do transporte marítimo internacional.

A resolução A.963 (23) da Assembléia da IMO em "IMO Políticas e Práticas Relacionadas com a Redução da Emissões de Gases de Efeito Estufa de Navios" exortou o MEPC a desenvolver uma metodologia para descrever a eficiência dos navios em termos de índice de emissão de GEE (KONTOVAS e PSARAFTIS, 2009).

O MEPC adotou, mediante a Resolução MEPC.203 (62), emendas ao anexo da MARPOL, afim de incluir regras sobre eficiência energética para navios no anexo VI da MARPOL. Onohara (2016) cita que estas emendas incluem o novo capítulo 4 da MARPOL (Regulamento de Eficiência Energética dos Navios) e objetivam melhorar a eficiência energética dos navios a partir da adoção de normas de desempenho técnico, a fim de reduzir as emissões das substâncias decorrentes da combustão do óleo utilizado como combustível.

O regulamento aplica-se aos navios com mais de 400 GT, portanto, não cobre todas as embarcações (SARDINHA, 2013).

Conforme Acomi e Acomi (2014), a fim de controlar e minimizar a poluição do ar, a MEPC desenvolveu medidas técnicas, operacionais e de gerenciamento para o monitoramento dessas emissões de CO₂. São elas:

- ✓ Índice de Projeto para Eficiência Energética (EEDI): primeiro padrão global vinculativo relacionado com mudanças climáticas. É aplicável a 180 estados e entrou em vigor em 1 de Janeiro de 2013. O índice exige que os navios encomendados a partir desta data, se tornem mais eficientes em termos energéticos, com normas que se tornarão mais rigorosas ao longo do tempo (SARDINHA, 2013);
- ✓ Índice Operacional de Eficiência Energética (EEOI): é um instrumento de informação que permite aos operadores de navios, comparar a eficiência de consumo de combustível dos navios em relação a valores de referência (SARDINHA, 2013);

- ✓ Plano de Gerenciamento de Eficiência Energética de Navio (SEEMP): permite registrar as medidas operacionais que podem ser, ou são aplicadas, para melhorar a eficiência energética do navio comparativamente a valores de referência (EEOI) (SARDINHA, 2013).

O conceito de Índice Operacional de Eficiência Energética (EEOI), conforme Acomi e Acomi (2014), foi desenvolvido para proporcionar assistência aos armadores (proprietários) de navios no processo do estabelecimento de emissões das embarcações em operação, e sugerir os meios para alcançar a sua redução. Como uma ferramenta útil para a limitação do impacto da navegação sobre o monitoramento da mudança climática global, EEOI representa a massa de CO₂ emitida por unidade de transporte executado.

Se os navios forem mais eficientes, irão queimar menos combustível e, como consequência, emitir menos CO₂ (SARDINHA, 2013).

Conforme Sardinha (2013), diferentes classes de navios terão diferentes limites a atingir. No entanto:

- ✓ Será aplicada uma meta de melhoria global de 10% na eficiência energética, aos novos navios construídos entre 2015 e 2019;
- ✓ Os navios construídos entre 2020 e 2024 terão de melhorar a sua eficiência energética de 15 a 20%, dependendo do tipo de navio;
- ✓ Os navios entregues após 2024 terão de ser 30% mais eficientes.

Comparando o transporte marítimo com outras modalidades de transporte em termos de emissões de CO₂, o artigo da *Royal Academy of Engineering* (2013) utiliza como referência o exemplo de um grande petroleiro, para o transporte de uma tonelada de carga, a uma milha de distância ($\approx 1,8$ km), e disponibiliza a (Tabela 03), que mostra o índice relativo entre os diferentes modos de transporte. Percebe-se a pequena parcela de contribuição emitida pelo navio em questão. Com participação reduzida na emissão de GEE, através do modal marítimo transportam-se maiores volumes com menor consumo de combustível, portanto, emitindo menos.

Tabela 03 - Emissões relativas de CO₂ de diferentes modalidades de transporte.

Modalidades de transporte	Índice Relativo de CO ₂
Avião	398
Pequenos veículos	226
Grande caminhão	49
Ferroviário	6
Grande navio conteneiro	3
Grande navio petroleiro	1

Fonte: MOL,(2004) *apud Royal Academy of Engineering* (2013).

Contudo, a participação relativa das emissões dos navios tem aumentado durante os últimos anos em comparação com o transporte terrestre e outras indústrias. A contribuição do transporte marítimo para o total mundial de emissões de CO₂ é pequena (1,8% das emissões totais mundiais de CO₂, em 1996). Isto implica que uma redução de 10% nas emissões dos transportes marítimos representam uma redução de menos de 0,2% das emissões totais no mundo, o que não significa não ser importante a adoção de esforços para sua redução.

Em 2011, um grupo de trabalho foi criado no âmbito do Programa Europeu sobre Alterações Climáticas (ECCP - *European Climate Change Programme*) e as medidas de redução e instrumentos foram avaliadas e discutidas. Em Junho de 2013, a UE apresentou uma estratégia para a criação de um sistema de monitoramento, comunicação e verificação (MRV-*Monitoring, Reporting and Verification*) das emissões de CO₂ dos transportes marítimos, a partir de 2018, que aguarda aprovação do Parlamento e do Conselho Europeu (SARDINHA, 2013).

2.3.2 O Brasil e as emissões de GEE

2.3.2.1 Cenário nacional

Também no Brasil, muitos esforços têm sido tomados na redução de emissões de GEE. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), aponta redução de 53,5% no total de CO₂ emitido pelo Brasil na atmosfera, entre 2005 e 2010. Os números caíram de 2,73 bilhões de toneladas de CO₂ para 1,27 bilhão. (MCTI, 2016).

O Brasil instituiu a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei no 12.187/2009 que define o compromisso nacional voluntário de adoção de ações de

mitigação com vistas a reduzir suas emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% em relação às emissões projetadas até 2020. Segundo o Decreto no 7.390/2010, que regulamenta a PNMC, a projeção de emissões de GEE para 2020 foi estimada em 3,236 Gt CO₂eq. Dessa forma, a redução correspondente aos percentuais estabelecidos encontra-se entre 1,168 Gt CO₂eq e 1,259 Gt CO₂eq, respectivamente, para o ano em questão. A fim de acompanhar o cumprimento do compromisso nacional voluntário para a redução das emissões (Art. 12 da Lei no 12.187/2009) até o ano de 2020, foi estabelecido no Art. 11 do Decreto no 7.390/2010 que serão publicadas, a partir de 2012, estimativas anuais de emissões de GEE no Brasil em formato apropriado para facilitar o entendimento por parte dos segmentos da sociedade interessados (BRASIL, 2014). Segundo o MMA (2016), para auxiliar no alcance das metas de redução, a lei estabelece ainda, o desenvolvimento de planos setoriais de mitigação e adaptação nos âmbitos local, regional e nacional.

2.3.2.2 Cenário local: Rio de Janeiro

Conforme Russar (2008), em 2007 foi criada a Superintendência do Clima e de Mercado de Carbono no estado do Rio de Janeiro, no âmbito da Secretaria do Ambiente, visando estruturar a política estadual de mudanças climáticas, que passa pela elaboração de estudos sobre a emissão de GEE, seus efeitos e ações de adaptação.

O estado do Rio de Janeiro publicou a Lei nº 5690/2010, que instituiu a Política Estadual sobre Mudança do Clima e Desenvolvimento Sustentável – PEMC. Esta lei norteia o Plano Estadual sobre Mudança do Clima que, por sua vez, orienta a formulação de planos, programas e políticas, define metas e ações restritivas, voluntárias ou de incentivo positivo, com a finalidade de prevenir a mudança do clima e seus impactos. A Lei estadual que foi regulamentada pelo Decreto nr 43.216 de 30 setembro de 2011 estabelece não somente as metas que deverão ser atingidas no horizonte de 2030, mas também como se dará a governança da política climática no Estado de modo que tais metas possam ser alcançadas (PLANO ESTADUAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA, 2012).

2.4 INVENTÁRIOS DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS PARA O MODAL MARÍTIMO

Uma maneira de contribuir para o controle de GEE na atmosfera é através da estimativa das emissões do modal marítimo, a partir de estudos de sustentabilidade portuária,

notando a questão do tráfego de embarcações em um determinado porto e o impacto dos gases de escape de navios, com um efeito direto sobre a atmosfera.

Inventários de emissões atmosféricas são ferramentas de controle utilizadas na obtenção de um balanço real das emissões, a partir de uma análise contábilística.

Dalsøren *et al.* (2009) mostram que um inventário confiável e atualizado de emissões de navios é essencial para que cientistas atmosféricos quantifiquem o impacto do transporte marítimo e para que os decisores políticos implementem regulamentos e incentivos para a redução de emissões.

Com relação ao modal marítimo, diversas publicações técnicas, que descrevem métodos adequados para a contabilização dos gases emitidos, são disponíveis. De acordo com o *Inventory of Air Emissions Guide* EMEP/CORINAIR (2002), um inventário de emissões é a base para praticamente todos os programas de gestão da qualidade do ar. Inventários de emissões são usados por gerentes de qualidade do ar nas avaliações das contribuições e interações entre as fontes de poluição do ar em uma região, como dados de entrada para os modelos de qualidade do ar e no desenvolvimento, implementação e acompanhamento de estratégias de controle. A importância dos dados de inventário de emissões aumenta com avanços na sofisticação dos modelos e outras ferramentas de análise utilizados na gestão da qualidade do ar, e, como resultado, o interesse na verificação das emissões é generalizada.

O documento EMEP/CORINAIR (2002), ainda afirma que substâncias emitidas para a atmosfera por atividades humanas e naturais são a causa de muitos dos problemas ambientais atuais e potenciais, e daí a necessidade de dispor de informações quantitativas sobre essas emissões e as suas fontes, a fim de:

- informar aos decisores políticos e ao público;
- definir as prioridades ambientais e identificar as atividades e atores responsáveis pelos problemas;
- definir objetivos e restrições explícitas;
- avaliar os potenciais impactos e implicações de diferentes estratégias e planos ambientais;
- avaliar os custos e benefícios de diferentes políticas ambientais;
- monitorar o estado do ambiente para verificar se as metas estão sendo alcançadas;
- monitorar a ação política para garantir que ela está tendo os efeitos desejados;

- garantir que os responsáveis pela implementação das políticas estão a cumprir as suas obrigações.

Em fevereiro de 1991, a OECD (*The Organisation for Economic Co-operation and Development*) realizou um seminário em Paris sobre a metodologia de inventário de emissões de GEE e produziu consenso sobre:

- a) um documento de metodologia básica como o melhor ponto de partida disponível para o trabalho nas estimativas de emissões nacionais consistentes e,
- b) um plano proposto para um programa de trabalho de dois anos para melhorar e difundir a metodologia de inventário.

O IPCC, posteriormente, adotou o Programa de Trabalho realizado pelo Primeiro Grupo de Trabalho IPCC, com o apoio da OECD e da IEA (*International Energy Agency*) e reconheceu que o esforço de desenvolvimento do método deve (IPCC, 1992):

- a) ser construído com informações disponíveis - os melhores dados científicos disponíveis da investigação em curso e, atualmente, inventários e métodos disponíveis;
- b) fornecer um método padrão simples e acessível a todos os países participantes;
- c) autorizar os métodos mais detalhados - os países que têm emissões detalhadas recursos de inventário devem ser encorajados a usá-los para fornecer os melhores dados possíveis para o IPCC;
- d) ter procedimentos de documentação e revisão cuidadosa para assegurar a coerência e a transparência dos resultados.

Este programa de trabalho elaborou o Projeto de Diretrizes para Inventários nacionais de GEE em três volumes - instruções para relatórios, Livro de Exercícios e Manual de Referência - nas seis línguas oficiais das Nações Unidas para a revisão de todo o mundo durante 1994. As orientações abrangem as principais fontes dos três principais GEE - CO₂, CH₄ e N₂O - e três grupos adicionais de GEE - HFCs, PFCs e SF₆.

Também, conforme o *Inventory of Air Emissions Guide* - EMEP/CORINAIR (2002), a Organização das Nações Unidas – UNFCCC e o Protocolo de Kyoto evidenciam o assunto em referência ao objetivar estabilizar as concentrações de GEE a um nível que evite uma interferência antropogênica perigosa com o sistema climático. Assim, todas as Partes da Convenção devem desenvolver, atualizar periodicamente, publicar e disponibilizar inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e sumidouros de todos os GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal, utilizando metodologias comparáveis. A UNFCCC exige que as partes utilizem as *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas*

Inventories (Diretrizes Revisadas do IPCC, 1996), para inventários nacionais de GEE e o *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (2000). Partes signatárias podem utilizar métodos diferentes, dando prioridade aos métodos que são acreditados para produzir as estimativas mais precisas para as categorias de fontes principais - seguindo as árvores de decisão da orientação de boas práticas. As partes signatárias também podem usar as metodologias nacionais que consideram mais capazes de refletir a sua situação nacional, desde que estas metodologias sejam compatíveis com as Diretrizes do IPCC.

São muitas as Organizações que cooperam com os estudos sobre Emissões de GEE de navios em atendimento à IMO. O *Third IMO GHG Study* (IMO, 2014) foi encomendado como uma atualização do *Second IMO GHG Study* (IMO, 2009). A atualização do estudo foi elaborado em nome da IMO por um consórcio internacional liderado pela *University College London* (UCL).

De acordo com a EPA (*Environmental Protection Agency of the US*) no relatório *US-Mexico Cooperation on Reducing Emissions from Ships Through a Mexican Emission Control Area* (2015), embora existam muitos exemplos específicos de formas de produzir um inventário das emissões de navios, a maioria segue uma das duas abordagens principais: *top-down* ou *bottom-up*. Embora cada abordagem possa gerar os mesmos tipos de saídas (por exemplo, toneladas de NO_x, SO_x, PM, etc. das atividades dos navios), as entradas e as metodologias utilizadas para chegar a essas saídas diferem, e cada abordagem tem limitações e vantagens.

Segundo a EPA (2015), em uma abordagem *top-down*, o consumo total de combustível de navios na área de interesse é usado como o elemento fundamental. Sabendo-se os tipos e quantidades de combustível consumido, pode-se utilizar fatores de emissão (por exemplo, gramas de poluentes por tonelada de combustível consumido) para estimar a quantidade de emissões atmosféricas produzidas pela atividade do navio. Apesar da facilidade de cálculo, existem limitações.

O método *top-down* (ou a base de combustíveis), seria o método mais confiável para estimar o consumo total de combustível e emissões, caso possível contar com as informações das fontes de fornecimento do *bunker* marítimo, de forma confiável, em conjunto com informações de consumo, repassadas pelo próprio navio. Porém as estimativas de emissões de CO₂ globais provenientes do transporte marítimo derivadas de estatísticas relacionadas ao combustível diferem substancialmente das estimativas baseadas em atividades. Uma das

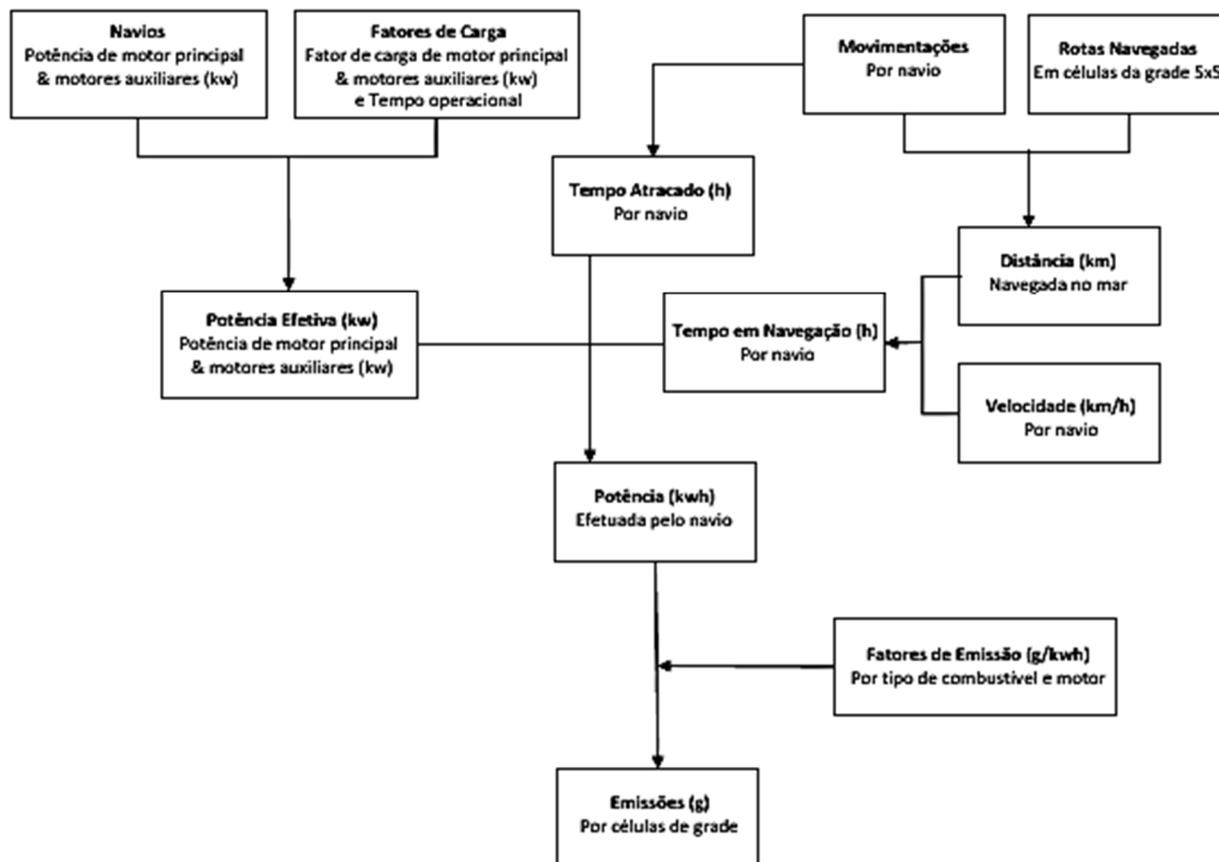
razões para esta discrepância pode ser a prática de ajustes ou alterações, no mar, antes da entrada no porto, mas, provavelmente, a principal razão é que as estatísticas de combustível *bunker* em alguns países não são confiáveis. Do lado dos fornecedores de combustível, erros, tais como as incertezas de cálculo gerais podem trazer um certo grau de imprecisão ao consumo de combustível (PSARAFTIS e KONTOVAS, 2009).

A abordagem *bottom-up* (ou baseada na atividade da frota) tenta estimar as emissões da frota mundial através do cálculo das emissões para todos os possíveis tipos e tamanhos de navio. Este método utiliza informações sobre os movimentos dos navios e características dos mesmos (tipo de embarcação e tamanho, do tipo e idade de motor, tipo de combustível, etc.), bem como os valores de consumo de combustível correspondentes e fatores de emissão. A abordagem tem muitas variantes, principalmente dependendo da forma como os dados de entradas são obtidos, e que cálculos ou outras premissas são realizados (PSARAFTIS e KONTOVAS, 2009).

Para Tzannatos (2010), a estimativa das emissões dos navios com a utilização da abordagem *bottom-up* envolve a aplicação de fatores de emissão para uma atividade particular do navio, onde um fator de emissão é um valor representativo que tenta relacionar a quantidade emitida com o status operacional do motor do navio durante essa atividade. Para as emissões de portos, um perfil de atividade de navio é uma repartição dos movimentos de um navio em modos de operação, com um motor de tipo e tamanho representativo, fator de carga do motor, tipo de combustível consumido e o tempo gasto em cada modo de operação.

Em *UK Ships Emissions Inventory* (ENTEC, 2010), foi adotada uma abordagem que permite que os dados detalhados sobre os movimentos de navios e características do motor sejam combinados com fatores de emissão para quantificar as emissões atmosféricas das fontes marítimas (navios) no Reino Unido (Figura 12). A abordagem é coerente com a metodologia adotada para quantificar as emissões dos navios conforme o *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook* EMEP/EEA (2009).

Figura 12 – Modelo esquemático da metodologia para estimativa de emissões.



Fonte: *UK Inventory Ship Emissions* (ENTEC, 2010).

A velocidade do navio pode variar durante uma movimentação, especialmente quando os navios se aproximam de um porto, onde eles diminuem a velocidade, conforme descrito em *UK Ships Emissions Inventory* (ENTEC, 2010).

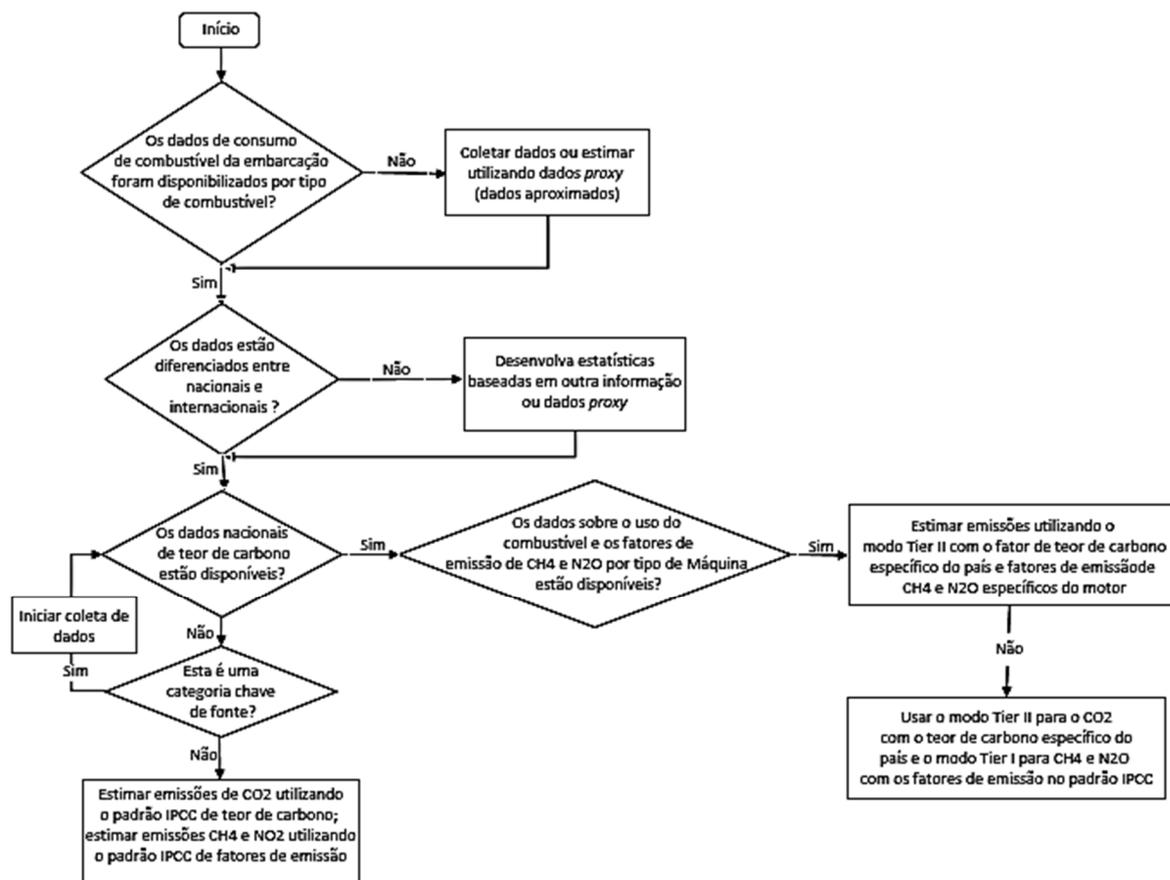
O IPCC (2006), destaca dois níveis metodológicos para estimar as emissões de CO₂, CH₄, e N₂O de embarcações. Ambos os níveis aplicam fatores de emissão para alimentar os dados da atividade de consumo. Essas seriam as abordagens *top-down* e *bottom-up*, porém com outra denominação (*Tier 1* e *Tier 2*). A árvore de decisão mostrada na (Figura 13), ajuda a fazer uma escolha entre os dois.

No primeiro método (*Tier 1*), o cálculo baseia-se na quantidade de combustível consumido e em fatores de emissão para NO_x, CO₂, CH₄, e N₂O.

O método *Tier 2* utiliza também o consumo de combustível por tipo de combustível, mas requer fatores de emissão específicos de cada país com maior especificidade na classificação dos modos (por exemplo, tipos de navios), tipo de combustível (por exemplo, óleo combustível), e mesmo tipo de motor (por exemplo, diesel). Na aplicação do *Tier 2*, os

compiladores de inventário devem notar a utilização de uma metodologia detalhada para estimar emissões de navios com base no tipo de motor, tipo de navio e dados de movimento do navio. A metodologia de movimento de navios pode ser utilizada quando os dados detalhados de movimento do navio e informações técnicas sobre os navios estão disponíveis.

Figura 13 - Árvore de decisão para emissões de embarcações.



Fonte: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006).

De acordo com a orientação do IPCC, o *Second IMO GHG Study* (IMO, 2009), e o *Third IMO GHG Study* (IMO, 2014), através de uma compilação de estudos, especifica como consenso, a técnica *bottom-up* para a elaboração de inventários referentes ao modal marítimo, como método para melhor estimativa de emissões de GEE e todos os poluentes.

O EPA (2015) ressalta que, apesar de ser a técnica de inventário mais apropriada e adotada, existem, naturalmente, algumas limitações para a abordagem *bottom-up*, que incluem:

- exigem coleta e análise de dados de atividades de todos os navios do universo em estudo (algumas vezes não é possível obter os dados de todos os navios);

- estão sujeitas a incertezas em torno das características dos navios (dados não confiáveis, por exemplo, a potência dos navios em uso ao longo de uma rota) e fatores de emissões.

Porém, apesar dessas limitações, há vantagens claras na utilização do método *bottom-up*, que incluem:

- podem ser relativamente mais precisas em relação a abordagens *top-down*;
- podem estimar emissões por tipo de navio (isto é, é possível distinguir a quantidade de emissões de poluentes atmosféricos a partir de navios conteneiros, petroleiros, etc.);
- podem identificar as emissões ao longo das rotas marítimas e em áreas geográficas como ECA's utilizando dados geográficos dos navios.

O EMEP/CORINAIR (2002) relata que as estimativas de incerteza são um elemento essencial de um inventário completo de emissões. Trata-se do conjunto de incertezas associadas com os dados e parâmetros relacionados com o cálculo das emissões e com a sua agregação para o setor ou totais nacionais. É importante perceber que a informação de incertezas não se destina a contestar a validade das estimativas do inventário, mas a:

1) ajudar a priorizar os esforços para melhorar a precisão dos inventários no futuro e orientar as decisões sobre a escolha metodológica.

2) informar aos utilizadores de dados de inventário sobre a qualidade científica dos dados, apoiando-os a realizar avaliações de incerteza dos seus próprios aplicativos e considerar a possibilidade de utilização dos resultados de modelos de qualidade do ar e estudos de projeção.

Compreender as incertezas em um inventário de emissões pode apoiar tanto a validação quanto a verificação dos inventários de emissões.

A fim de garantir que a avaliação da qualidade de um inventário de emissões e um relatório de emissão seja possível, ele deve ser compilado com o uso de "Boas Práticas". O relatório *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2014) define as boas práticas como o seguinte:

- escolha de métodos de estimativa adequados às circunstâncias nacionais;
- garantia e controle de qualidade, a nível nacional;
- quantificação de incertezas, e
- arquivamento de dados e geração de relatórios para promover a transparência.

Estes requisitos são para garantir que as estimativas de emissões, mesmo que incertas, sejam estimativas de boa fé, no sentido de não conter quaisquer preconceitos que poderiam ter sido identificados e eliminados, e que as incertezas foram minimizadas tanto quanto possível, dadas as circunstâncias nacionais. As estimativas deste tipo seriam presumivelmente as melhores possíveis, tendo em conta os conhecimentos científicos atuais e os recursos disponíveis.

Com relação às fontes de emissão, de acordo com o *Third IMO GHG Study* (IMO, 2014), três fontes de emissões primárias são encontradas em navios (emissões de outras fontes são omitidas por causa de sua pequena contribuição global) - motor principal, motores auxiliares e caldeiras:

- Motor Principal:

As emissões do motor principal ou motor de propulsão (tanto em termos de magnitude como de fator de emissões) variam em função da potência nominal do motor principal, fator de carga e ano de construção do motor. A potência efetiva do motor principal e o fator de carga variam ao longo do tempo como resultado da operação e atividade específica desenvolvida por um navio: modo operacional (por exemplo, atracação, ancoragem, manobras), velocidade, condições de carga, tempo, etc. As emissões são também específicas para um navio, pois, navios individuais possuem diferentes especificações de máquinas e de atividade. A técnica *bottom-up* possibilita o cálculo de forma detalhada (potência do motor principal e fator de carga) para cada navio individualmente.

- Motores Auxiliares:

As emissões de motores auxiliares (tanto em termos de magnitude como de fator de emissões) variam em função da demanda de potência auxiliar (tipicamente alterada conforme o modo de operação do navio), da potência nominal do motor auxiliar, do fator de carga e do ano de construção do motor. Dados técnicos e operacionais sobre motores auxiliares são por vezes ausentes das bases de dados comerciais, especialmente para os navios mais antigos (construídos antes de 2000). Dados técnicos (potência, cabeçote, número do modelo, etc.) para os motores auxiliares de novos navios podem ser encontrados com mais frequência do que de navios antigos; No entanto, estes formam uma porcentagem muito pequena em toda a frota. Há tipicamente dois ou mais motores auxiliares em um navio e o número e potência (não necessariamente o mesmo para todos os motores em um navio) de cada motor é determinada por critérios de projeto do proprietário do navio. Isto significa que a operação real dos motores auxiliares específicos, por tipo de embarcação e modo de

funcionamento, pode variar significativamente de navio para navio. Não há bases de dados comerciais que forneçam estes perfis operacionais na base operacional por modo de classe ou navio. Esta falta de dados irá dificultar a determinação da estimativa de potência do motor auxiliar usando níveis de carga do motor auxiliar predeterminados.

- Caldeiras:

Emissões de caldeiras auxiliares variam com base na classe do navio e modo de funcionamento. Por exemplo, petroleiros antigos possuíam plantas de vapor grandes, alimentadas por grandes caldeiras que forneciam vapor para bombas de carga e, em alguns casos para aquecer cargas. Para a maioria dos navios da classe não-cisterna, caldeiras são usadas para fornecer água quente para manter o motor principal quente (durante a atracação ou ancoragem), para a tripulação e outras necessidades auxiliares. Estas caldeiras são tipicamente menores e não são utilizadas durante as operações em mar aberto por causa dos sistemas de recuperação de calor (ou seja, economizadores). Dos três tipos de fontes de emissão, caldeiras normalmente têm significativamente menos emissões do que os motores principais e auxiliares.

As emissões do modal marítimo são estimadas para cinco modos possíveis de operação, cujas características são referentes à velocidade da embarcação num determinado instante (Tabela 04):

Tabela 04 - Modos de operação de navios.

Velocidade	Modos de Operação	
< 01 nó (0,514 m/s)	Atracado	Hotelling (estadia)
01 nó – 03 nós	Ancorado	
3 nós – 20% da Potência de Máquina	Manobra	
20% – 65% da Potência de Máquina	Marcha Reduzida	
>65% da Potência de Máquina	Normal de Cruzeiro	

Fonte: IMO (2014).

Para motores auxiliares, os perfis de uso são especificamente definidos para cada tipo de navio e classe de tamanho. Além disso, o uso do motor auxiliar também varia de acordo com os modos de operação da embarcação, que são definidos por intervalos de velocidades do navio. Os motores auxiliares estarão sendo utilizados normalmente nos modos de operação de manobra (simultaneamente com os motores principais da embarcação) e

hotelling (estadia da embarcação num porto). O modo de operação *hotelling* ou estadia é uma situação específica, que ocorre enquanto o navio está atracado ou fundeado, em que apenas os motores auxiliares estarão sendo utilizados para fornecer energia e satisfazer as necessidades energéticas do navio (o motor principal estará parado).

2.5 ESTUDOS SOBRE EMISSÕES DE GEE EM PORTOS MARÍTIMOS

De acordo com Merk (2014), aproximadamente 230 milhões de pessoas estão diretamente expostas às emissões do transporte marítimo entre os 100 maiores portos do mundo, e, embora a maioria destas emissões ocorram no mar, a parte mais diretamente perceptível das emissões de transporte marítimo ocorrem em áreas portuárias e nas cidades portuárias. A maioria das emissões de CO₂ dos navios nos portos estão na Ásia e na Europa (58%) devido ao intenso tráfego de embarcações nessas regiões. Para o autor, os portos com os maiores níveis de emissão absolutos devido ao transporte são Cingapura, Hong Kong (China), Tianjin (China) e Port Klang (Malásia), e, o porto com as menores emissões relativas de CO₂ (emissões por chamadas dos navios) é Kitakyushu (Japão). Outros portos com baixas emissões relativas estariam no Japão, Grécia, Reino Unido, Estados Unidos e Suécia. Espera-se que a Ásia (ainda) e a África registrem aumentos nas emissões, devido ao crescimento do tráfego portuário forte e medidas de mitigação limitadas.

Merk (2014) também afirma que relativamente pouco se sabe sobre as emissões dos navios nos portos, pois, segundo o autor, existem poucos estudos sobre estimativas de emissões portuárias (Quadro 01).

Quadro 01 - Estudos acadêmicos sobre emissões do transporte marítimo nos portos.

PORTO	REFERÊNCIA
Hong Kong (China)	Yau <i>et al.</i> (2012)
Hong Kong (China)	Ng <i>et al.</i> (2013)
Shanghai (China)	Yang <i>et al.</i> (2007)
Yangshan (China)	Song (2014)
Busan (Korea)	Song & Shon (2014)
Busan (Korea)	Shin & Cheong (2011)
Incheon (Korea)	Han <i>et al.</i> (2011)
Kaohsiung (Tapei)	Berechman & Tseng (2012)
Kaohsiung (Tapei)	Liu <i>et al.</i> (2014)
Klaipeda (Lithuania)	Abrutyte <i>et al.</i> (2014)
Taranto (Italy)	Gariazzo <i>et al.</i> (2007)
Ravenna (Italy)	Lucialli <i>et al.</i> (2007)
Venice, Piombino (Italy)	Trozzi <i>et al.</i> (1996)
Venice (Italy)	Contini <i>et al.</i> (2011)
Brindisi (Italy)	Donateo <i>et al.</i> (2014)
Ambarli (Turkey)	Deniz & Kilic (2009)
Izmir (Turkey)	Saraçoglu <i>et al.</i> (2013)
Barcelona (Spain)	Villalba & Gemechu (2011)
Piraeus (Greece)	Tzanattos (2010a)
Victoria, BC (Canada)	Poplawski <i>et al.</i> (2011)
Göteborg (Sweden)	Isakson <i>et al.</i> (2001)
Copenhagen (Denmark)	Saxe & Larsen (2004)
Mumbai (India)	Joseph <i>et al.</i> (2009)
Aberdeen (UK)	Marr <i>et al.</i> (2007)
13 main Spanish ports	Castells Sanabra <i>et al.</i> (2014)
Rotterdam (Netherlands)	Hulskotte & Denier van der Gon (2010)

Extraído de: Merk (2014)

A partir deste conjunto de estudos sobre as emissões nos portos, Merk (2014) concluiu que a maior parte das emissões nos portos foi geralmente da atividade de transporte marítimo (entre 70% a 100% das emissões nos portos de países desenvolvidos foram atribuídas à navegação), como também, tomando por base o ano de 2011, o autor verificou que as emissões do transporte marítimo nos portos foram substanciais e responsáveis por 18 milhões de toneladas de CO₂.

Alguns estudos sobre emissões de GEE do transporte marítimo em áreas portuárias também foram aqui destacados:

- ✓ O Porto de Barcelona: Villalba e Gemechu (2011), no seu estudo sobre a estimativa de emissões de GEE, observa a importância de inventários de GEE para as cidades e

da inclusão de outras atividades que fazem parte do metabolismo urbano e econômico local. Adaptando metodologias existentes, foi calculado um total de 331,390 toneladas de emissões de GEE (equivalentes de CO₂) para o ano de 2008, metade dos quais foram atribuídas à movimentação de navios (emissões do modal marítimo) e a outra metade para o porto, as atividades relacionadas com as emissões terrestres. Para os autores, ao conhecer os maiores emissores, o porto pode tomar medidas para melhorar as atividades dos navios dentro dos limites do porto, tais como manobras e tempo de estadia. Com estes resultados, o porto e a cidade também podem encontrar maneiras de reduzir as emissões.

- ✓ O Porto de Bergen: Os autores McArthur e Osland (2013) estimaram as emissões dos navios atracados no Porto de Bergen (*hotelling*), dando um valor monetário a estas emissões. O custo destas emissões foi estimado entre € 10 e € 21,5 milhões por ano. Os autores destacaram que os custos anuais impostos pelas emissões dos navios atracados em um porto dependerão, entre outras coisas, do tráfego futuro no porto, da tecnologia dos motores e do tipo de combustível empregado pelas embarcações.
- ✓ O Porto de Yangshan: Su Song (2014), no seu estudo sobre inventário de emissões de navios, o custo social dessas emissões e a eco-eficiência no Porto de Yangshan, em Shanghai, apresentou uma sofisticada estimativa do inventário de emissões dos navios no porto pela aplicação da abordagem baseada em atividades navio a navio, com a utilização de dados geográficos das embarcações (AIS). Também foi apresentada uma avaliação dos custos sociais das emissões associadas e uma avaliação da eco-eficiência do porto, para uma frota de 6.518 navios que visitaram a área do porto de Yangshan. De acordo com o inventário estimado de emissões, o montante das emissões de CO₂ dos navios na área do porto de Yangshan foi de 578,444 toneladas, das quais, 252.274,20 toneladas foram oriundas de operações em modo operacional “normal de cruzeiro”; 63.465,50 toneladas “em manobra”; e 262.704,10 durante a atracação ou ancoragem dos navios (*hotelling*).
- ✓ O Porto de Incheon: Na avaliação das emissões de GEE provenientes das operações no Porto de Incheon, Coréia, Chang *et al.* (2013), se basearam nos tipos, características individuais dos navios e no movimento dos navios, a partir do momento da sua chegada, sua atracação, movimentação de carga, e partida, utilizando uma abordagem *bottom-up* com a utilização de dados sobre as embarcações movimentadas pelo porto em 2012. Entre os vários tipos de

embarcações, as balsas para o transporte de carros foram os maiores emissores, seguidos por navios contêneiros e do tipo *ro-ro*. Os dados foram do banco de dados do *Incheon Port Authority*, e incluíram 13.829 navios movimentados pelo porto de janeiro a outubro de 2012, porém, a amostra de navios para a estimativa final de emissões foi de 13.784, excluídos os navios com dados incompletos ou perdidos. As emissões de CO₂ no porto de Incheon por 10 meses em 2012, foram de 370.000 toneladas.

- ✓ O Porto de Taipei: Liao *et al.* (2010) analisaram neste estudo as mudanças na emissão de CO₂ resultantes da movimentação de contêneiros em portos estabelecidos, através do porto emergente de Taipei, no norte de Taiwan. Um modelo de emissões baseado na atividade foi usado para estimar as emissões de CO₂ de navios contêneiros em quatro cenários, a partir de portos existentes para o porto emergente. O documento conclui que a abordagem analítica adotada no papel pode ajudar os decisores políticos a compreender as estratégias potenciais de redução de emissões de CO₂ na seleção de rotas de transporte de contêneiros para o interior e tal consideração deve fornecer uma base mais ampla e mais significativa para a avaliação sócio-econômico de projetos de investimento portuário.

2.6 AÇÕES DE SUSTENTABILIDADE PARA O MODAL MARÍTIMO

Conforme Kollamthodi *et al.* (2013), a eficiência operacional em CO₂ de uma frota de navios depende da intensidade de carbono nos combustíveis utilizados, da operação da frota e da eficiência energética dos navios. A maioria dos aspectos operacionais importantes são a velocidade desenvolvida, as rotinas de manutenções do navio, a otimização de viagem e rotas, e a eficiência do sistema logístico. A partir destas características e aspectos, são necessárias medidas adicionais para combater as emissões de GEE do setor e assim, melhorar a sustentabilidade portuária.

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu em 1987 (Relatório de Brundtland), como o “desenvolvimento que atende as necessidades do presente sem comprometer a habilidade de futuras gerações atenderem as suas próprias necessidades”. Tal conceito indica que a única forma de progresso sustentável é aquela que considera simultaneamente aspectos econômicos, ambientais e sociais (JOHNSTON *et al.*, 2007).

Segundo Kitzmann e Asmus (2006), um porto é um sistema altamente complexo, que está inserido em sistemas ambientais, sociais e econômicos ainda mais complexos, sendo assim, para atingir a sustentabilidade do negócio portuário é preciso abordagens gerenciais em diferentes escalas, capazes de abranger todos os sistemas envolvidos, que estão profundamente integrados. Para os autores, apesar da abrangência e importância da gestão ambiental, pouco ela era aplicada aos sistemas portuários uma vez que provocava mudanças profundas, tanto estruturais quanto culturais, que definem um novo *modus operandi* portuário. É por isso que do ponto de vista dos empreendedores, geralmente preocupados com o lucro imediato, a gestão ambiental sempre foi identificada como um custo adicional. Predominava também uma visão que considerava a regulamentação ambiental um fator que ameaçava a competitividade das empresas. No entanto, para os autores, essa lógica vem sendo superada por outra, que identifica a preservação ambiental como fator de vantagem competitiva sustentável, especialmente quando somada às ações de responsabilidade social corporativa pois a adequação às normas ambientais traz oportunidades de melhoria para o negócio portuário fazendo com que o novo modelo portuário seja economicamente competitivo com benefícios socioambientais. Assim, a regulamentação ambiental, que era considerada um fator que afeta a competitividade das empresas e dos países (visão tradicional), também pode vir a ser um fator que a impulsiona (abordagem revisionista).

Kitzmann e Asmus (2006) também citam que a abordagem revisionista é um novo paradigma que considera a poluição um sinal de ineficiência produtiva e de desperdício, encarando as regulamentações ambientais como oportunidades de melhoria e de novos negócios. Segundo os autores, os portos que estiverem ambientalmente mais adequados poderão ter uma vantagem adicional sobre os demais, tanto por diminuir impactos e custos, quanto por conseguir atrair e manter determinadas cargas.

Sobre a questão da regulamentação, conforme Kollamthodi *et al.* (2013), uma política destinada a reduzir as emissões de CO₂ do setor marítimo visa diretamente reduzir o impacto ambiental do transporte marítimo em termos do seu impacto sobre o aquecimento global. Políticas de redução de CO₂ podem resultar em menor consumo de combustível ou na mudança para combustíveis mais limpos, assim também resultando em reduções de poluentes para a qualidade do ar, as mudanças no uso da energia e as alterações no consumo de recursos. Os autores identificam nove princípios fundamentais que os regulamentos sobre emissões de GEE provenientes da navegação internacional devem cumprir, ou seja, as políticas devem ser:

1. eficazes em contribuir para a redução das emissões globais de gases de efeito estufa;
2. obrigatório e igualmente aplicável a todos os estados de bandeira, a fim de evitar a evasão;
3. custo-efetivo;
4. capaz de limitar - ou pelo menos - efetivamente minimizar a distorção competitiva;
5. com base no desenvolvimento ambiental sustentável, sem restringir o comércio e o crescimento global;
6. com abordagem baseada em meta que não é prescritiva na natureza;
7. com o fim de promover e facilitar a inovação técnica em todo o setor do transporte;
8. facilitadoras de novas tecnologias no domínio da eficiência energética; e
9. práticas, transparentes, isentas de fraude e fáceis de administrar.

A eficácia de qualquer opção política dependerá da precisão com que as emissões podem ser monitoradas e verificadas.

Conforme Miola *et al.* (2010), a variedade de instrumentos políticos para reduzir impactos ambientais são normalmente classificados em um conjunto amplo de classes, o mais importante dentre os tais são instrumentos de "comando e controle" e de "incentivo de base econômica". As abordagens convencionais para a regulação do ambiente são frequentemente referidas como regulamentação de "comando e controle", uma vez que permitem relativamente pequena flexibilidade nos meios de atingir metas. Instrumentos regulatórios (normas, licenças, zoneamento, uso, restrições, etc.) são instrumentos de política que os governos utilizam para alterar o comportamento de diferentes indivíduos através da emissão de atos, normas e diretrizes. Estes são muitas vezes, mas não sempre, apoiados por uma ameaça de sanção.

Existem também outros aspectos de medidas para alcançar a sustentabilidade com a redução de emissões de GEE dos navios. Psaraftis *et al.* (2009) mostram que algumas destas medidas são técnicas, e algumas são operacionais. Uma medida operacional é, por exemplo, a medida de redução de velocidade que tem um link direto com as operações logísticas, e a investigação de compensações relacionadas. Para os autores, a maneira mais viável para reduzir o tempo no porto é através de decisões operacionais relativas a operações no cais (alocação de berços, agendamento dos guindastes de cais e estiva do navio). E a otimização de operações do terminal tem recebido crescente interesse nos últimos anos.

Sardinha (2013) cita sobre a medida de redução da velocidade (*slow steaming*), em que a velocidade do navio é reduzida uma vez que o motor não é utilizado na potência máxima, o que economiza combustível e reduz as emissões de CO₂ e de poluentes

atmosféricos. Para o autor, essa prática foi iniciada por empresas de navegação devido aos preços relativamente elevados dos combustíveis marítimos, da crise econômica e do grande excesso de capacidade de navios disponíveis, e, reduzir a velocidade dos navios multiplica os efeitos positivos do índice de eficiência energética, traduzindo-se em economia para as operadoras.

Miola *et al.* (2010) revela que a dependência dos combustíveis fósseis faz com que o setor marítimo seja frágil, justificando o uso de novas estratégias e tecnologias para reduzir o consumo do combustível dos navios, na tentativa de conciliar os objetivos ambientais e econômicos relacionados com o consumo de combustível. Novas tecnologias também estão agora disponíveis, prontas para uso, e com comprovados resultados. Estas incluem sistemas de cavitação de ar, utilização do vento para energia, aditivos para combustível, propulsores duplos, novas lâminas do propulsor, recuperação do calor dos gases residuais, entre outras.

Kollamthodi *et al.* (2013) citam que como os combustíveis fósseis são uma fonte não-renovável, reduções na sua utilização são consideradas como sendo um elemento chave da sustentabilidade.

De acordo com a NSW EPA (2015), há uma longa lista de combustíveis que podem ser aproveitados para serem usados no transporte em substituição ao *bunker* marítimo. Os mais comumente considerados hoje são o gás natural liquefeito (GNL), o biodiesel e o metanol. GNL como combustível, por exemplo, remove SO_x e NO_x substancialmente e até reduz as emissões de CO₂, mas requerem grandes investimentos, tanto a bordo como em terra, em estações de abastecimento. Outros combustíveis que podem desempenhar um papel no futuro são o gás de petróleo liquefeito (GLP), o etanol, o éter dimetílico, o biogás, os combustíveis sintéticos, o hidrogênio (em particular para utilização em células de combustível), e mesmo o combustível nuclear. Todos estes combustíveis são praticamente livres de enxofre e podem ser usados em conformidade com os regulamentos estritos de enxofre. Eles podem ser utilizados quer em combinação com combustíveis marítimos convencionais, à base de óleo, cobrindo, assim, apenas uma parte da procura de energia de um navio, ou para substituir completamente os combustíveis convencionais. Comum para todos esses combustíveis é que eles carecem de uma infra-estrutura desenvolvida para o abastecimento e as condições técnicas e comerciais para uso não estão totalmente definidas. Alguns deles também podem ter problemas de segurança e estabilidade a ser resolvido.

Conforme Kollamthodi *et al.* (2013), como as emissões provenientes do transporte marítimo ainda não estão incluídas nos compromissos de redução de um acordo

internacional, ação harmonizada para reduzir as emissões de GEE do setor marítimo com base no tráfego dentro e fora dos portos tem sido assegurada através da adoção de legislação a nível nacional. A UE, por exemplo, tem agido dessa forma, através de meta definida na Estratégia UE 2020 de reduzir as emissões de GEE em pelo menos 20% até 2020 em relação aos níveis de 1990, ou em 30% no contexto de um ideal global, porém alguns Estados-Membros europeus ainda têm sido relutantes em desenvolver legislação para reduzir as emissões em suas áreas, uma vez que pode levar as empresas a reduzirem a entrada para os seus portos (prejuízo econômico), sem um aumento correspondente na integridade ambiental. Kollamthodi *et al.* (2013) cita as principais opções políticas vislumbradas pela UE, que, apesar dos custos de investimentos iniciais, bem como custos administrativos, em 2030 gerariam lucros consideráveis, como resultado do menor consumo de combustível e, em alguns casos, redução de custos operacionais. São elas:

- Opção Política 1: Esquema de Comércio de Emissões - *Emissions Trading Scheme* - (ETS) opera definindo um limite para as emissões agregadas de um grupo definido de emissores em um determinado período de tempo. Cada participante deve monitorar e relatar suas emissões à autoridade competente, e apresentar ao regulador um número de licenças de emissão equivalentes às emissões durante o período de cumprimento. Cria-se um preço de mercado para as emissões.
- Opção Política 2: imposto – seriam a cobrança de uma taxa sobre alguma base definida (por exemplo, combustível fornecido ou CO₂ emitido). O imposto aumentaria o custo das viagens, devido à tributação. O custo incorrido seria fixado por unidade de combustível consumido ou CO₂ emitido, e, portanto, seria dimensionado de acordo com a atividade do emissor.
- Opção política 3: fundo de compensação obrigatório - um fundo de compensação de GEE do setor marítimo poderia ser financiado quer por uma taxa sobre todas as compras de combustível do setor marítimo ou através de contribuições dos armadores com base nas emissões dos seus navios em viagens. Implicaria a fixação de um meta de redução de emissões para o transporte marítimo internacional e, com a compensação das emissões acima da meta, através da compra de créditos aprovados de redução de emissões.
- Opção política 4: reduções de emissões obrigatórias - opção que envolve a especificação de uma redução obrigatória de emissões (em termos tanto absolutos ou

relativos) por navio, que se aplicaria tanto aos navios novos quanto aos existentes, sendo duas as sub-opções no âmbito desta medida:

- ✓ Sub-opção 4a - redução de emissões obrigatória por navio: esta opção é uma medida de comando e controle. Navios que cumprem os requisitos de emissões seriam autorizados a operar na Europa sem pagar encargos por atividade recorrente no âmbito do regime. Em contrapartida, um participante teria que comprar créditos para cobrir as emissões, independentemente de quão eficiente o navio.
- ✓ Sub-opção 4b - redução de emissões obrigatória por navio com incentivos: é equivalente a um regime de "linha de base e de crédito" de negociação, onde as reduções de emissões acima dos requisitos são recompensados com créditos negociáveis. Navios incapazes de satisfazer as reduções de emissões exigidas seriam capazes de comprar créditos de navios eficientes.

Para Miola *et al.* (2010), qual opção política é a mais aceitável depende das circunstâncias particulares mais adequadas, tais como o custo externo considerado e a aceitabilidade social da opção em questão.

2.6.1 Outras ações

O controle dessas emissões não atinge igualmente todas as embarcações nos diversos portos do mundo visitados por esses navios. Na realidade, cada país trata do assunto muitas vezes de forma independente, através de iniciativas e projetos. Conforme a NSW EPA (2015), vários portos ao redor do mundo oferecem reduzidas taxas portuárias ou subsídios ao investimento, ao receberem navios com medidas de redução de emissões instaladas. Há também iniciativas de carga limpas, visando proprietários que operem com melhor eficiência de combustível. Como citado na publicação, uma das iniciativas portuárias mais reconhecidas, a fim de reduzir as emissões portuárias é o *The Clean Shipping Index* (CSI), um índice que é uma ferramenta online que classifica navios e companhias de navegação com base em seus desempenhos ambientais. Essas informações são registradas em um banco de dados onde os donos da carga podem então comparar o desempenho ambiental das companhias de navegação. A publicação também cita a *World Port Climatic Initiative* (WPCI), que oferece um índice diferente para reduzir as emissões de GEE da cadeia do transporte marítimo, o Índice Navio Ambiental (ESI). O ESI identifica os navios que

apresentam melhor desempenho na redução de emissões para a atmosfera do que o exigido pelas normas de emissão atuais da IMO e avalia a quantidade de NO_x e SO_x que é liberado por um navio, incluindo um sistema de informações de dados sobre a emissão de GEE do navio. Outra citação é sobre a *Maritime Singapore Green Initiative*, que visa reduzir o impacto ambiental do transporte marítimo e atividades conexas e promove o transporte limpo e verde em Singapura. A publicação também menciona o recente regime proposto da UE para “Monitoramento, Reporte e Verificação” (MRV) das emissões de CO₂ do navio, previsto para ser implementado em janeiro de 2018. De acordo com este regime, os operadores de navios superiores a 5000 GT terão de monitorar e relatar suas emissões de CO₂ entre os portos da UE. Este mecanismo é visto como um precursor de um regime de regulação de GEE a ser implementado numa fase posterior. Ainda segundo a publicação, um regime MRV também está sendo discutido a nível da IMO, embora não implementado.

3 METODOLOGIA

3.1 DELIMITAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO: O PORTO DO RIO DE JANEIRO

A Baía de Guanabara, uma relevante baía costeira do Brasil, localiza-se no Estado do Rio de Janeiro, entre os paralelos de 22° 24' e 22° 57' de latitude Sul e os meridianos de 42° 33' e 43° 19' W.

Na costa oeste da Baía de Guanabara encontra-se o Porto do Rio de Janeiro, localizado na cidade do Rio de Janeiro, nas coordenadas geográficas UTM de latitude 22° 53' 30"S e longitude 43° 12' 30"W. O Porto do Rio de Janeiro tem frente para as avenidas Rodrigues Alves e Rio de Janeiro, estas ligadas diretamente à Avenida Brasil e Ponte Rio-Niterói (Figura 14):

Figura 14 - Porto do Rio de Janeiro.



Fonte: Companhia Docas do Rio de Janeiro - 24ª Encontro dos Portos Organizados Sistema de Desempenho Portuário Antaq . Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/Palestras/2015/2015_ReuniaoSDP/1_ApresentacaoInstitucionaldoPortodoRiodeJaneiro.pdf>. Acesso em: 03 de julho de 2016.

A área atual do porto do Rio de Janeiro, que compreende aproximadamente 1.000.000 m², foi instituída pelo Decreto nº 4.554, de 27 de dezembro de 2002, constituída pelas áreas terrestre e marítima, abrangendo todos os cais, docas, pontes, píers de atracação e acostagem, armazéns, silos, rampas ro-ro, pátios, edificações em geral, vias internas de circulação rodoviárias e ferroviárias, incorporadas ou não ao patrimônio do Porto do Rio de Janeiro ou sob sua guarda e responsabilidade. O Porto Organizado do Rio de Janeiro é constituído por 16 terminais portuários (sendo 10 de uso público sob gestão privada, e 6 de uso público sob administração direta), e 19 áreas de fundeio homologadas pela Autoridade Marítima para a movimentação de cargas, atividades de abastecimento, vistoria e reparos.

Fora da área de porto organizado operam terminais privativos pertencentes à PETROBRAS, (os terminais aquaviários da Ilha D'água - formado pelos píers PID, PP1, PP2, PS1 e PS2 -, da Ilha Redonda - formado pelo píer PIR -, e o Terminal Aquaviário da Ilha Comprida, que opera Gás Natural Liquefeito), como também, das empresas Exxon/Solutec, na Ilha do Governador, da empresa Shell, também na Ilha do Governador, da empresa Suzano, na Baía de Guanabara, Manguinhos, pertencente à Refinaria de Manguinhos, também na Baía de Guanabara, Briclog Operadora Portuária, no bairro do Caju, Porto Novo Intercan - Terminais e Contêineres e Logística Ltda, também no bairro do Caju, BRASCO Logística Offshore Ltda, Mauá-Jurong e Wellstream do Brasil (ANTAQ, 2012).

O Porto do Rio de Janeiro é administrado pela Companhia Docas do Rio de Janeiro (CDRJ). O acesso marítimo ao Porto do Rio de Janeiro se inicia na entrada da Baía de Guanabara, em frente ao Morro do Pão de Açúcar e da Fortaleza de Santa Cruz. Esta barra de entrada possui largura de 1,5 km e profundidade mínima de 17 m (Figura 15) (ANTAQ, 2012).

Figura 15 - Entrada na Baía de Guanabara (acesso marítimo)



Fonte: Companhia Docas do Rio de Janeiro - 24ª Encontro dos Portos Organizados Sistema de Desempenho Portuário Antaq. Disponível em:

<http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/Palestras/2015/2015_ReuniaoSDP/1_ApresentacaoInstitucionaldoPortodoRiodeJaneiro.pdf>. Acesso em 03 de julho de 2016.

A extensão total do canal de acesso é de 18.500m, dos quais 11.100 metros cobrem a distância entre a parte externa da Baía e os fundeadouros, e os outros 7.400m, na direção norte, conduzem aos terminais privativos no interior da Baía de Guanabara (Figura 16) (ANTAQ, 2012).

Figura 16 - Porto do Rio de Janeiro – píeres de atracação.



Fonte: Companhia Docas do Rio de Janeiro - 24ª Encontro dos Portos Organizados Sistema de Desempenho Portuário Antaq. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/Palestras/2015/2015_ReuniaoSDP/1_ApresentacaoInstitucionaldoPortodoRiodeJaneiro.pdf>. Acesso em: 03 de julho de 2016).

No porto do Rio de Janeiro, os navios são movimentados pela praticagem do Rio de Janeiro (*Rio Pilots*). O embarque do práctico acontece em um ponto específico delimitado em carta náutica (Figura 17). As movimentações de navios registradas pela praticagem cumprem as possíveis rotas:

- Entrada na barra x Área de fundeio/ancoragem (Figura 18)
- Entrada na barra x Terminal de atracação (Figura 19)
- Área de fundeio x Terminal de atracação
- Terminal de atracação x Terminal de atracação
- Área de fundeio x Saída da barra
- Terminal de atracação x Saída da barra
- Terminal de atracação x Área de fundeio

Figura 17 - Ponto de embarque do prático.



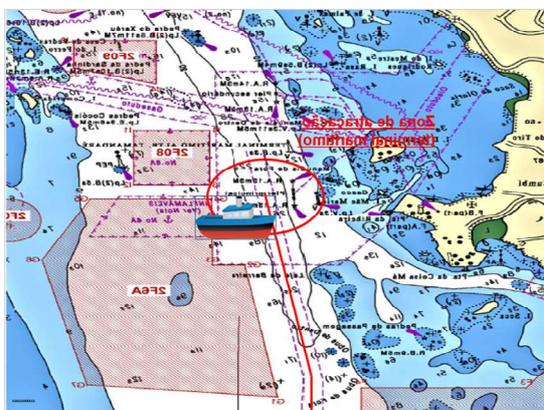
Fonte: DHN (2000).

Figura 18 - Área (ou zona) de fundeio.



Fonte: DHN (2000).

Figura 19 - Terminal de atracação



Fonte: DHN (2000).

Numa comparação entre o Porto do Rio de Janeiro e outras zonas portuárias, documento da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2016), que mostra ranking dos 10 principais portos organizados (PO) e terminais de uso privado (TUP) do Brasil, cita que o Porto do Rio de Janeiro foi ultrapassado pelos Portos de Vitória e Aratu nessa classificação. O Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (MA) se destaca no Brasil em relação aos milhões de toneladas movimentadas, e o Terminal de Tubarão (ES) e o Porto de Santos (SP) vêm na sequência.

A nível internacional, outros portos maiores, mais eficientes, e com maior movimentação de carga, se destacam em relação ao Porto de Santos, como, por exemplo, o Porto de Yokohama – Japão (ANTAQ, 2016).

3.2 ANÁLISE CLIMATOLÓGICA DA REGIÃO

O conhecimento da climatologia local é imprescindível para o estudo referente à poluição atmosférica e o espalhamento de GEE. Dados de temperatura e precipitação do Rio de Janeiro são importantes para o entendimento da questão de dispersão dos poluentes atmosféricos e gases emitidos por navios na Baía de Guanabara.

As condições gerais do tempo meteorológico atuante em uma região estão relacionadas aos mecanismos de escala global, oriundos da circulação geral da atmosfera. Daí, qualquer tentativa de entendimento da dinâmica atmosférica sobre uma área deve iniciar-se com uma visão mais global, na qual a localidade de interesse esteja inserida (VIANELLO; MAIA, 1986).

Em um estudo sobre a região Sudeste do Brasil, Vianello e Maia (1986) citam sobre os sistemas de grande escala e perturbações transientes na América do Sul. Sobre os sistemas de grande escala, ressaltou-se que o escoamento médio a superfície reflete a presença da Alta Subtropical do do Atlântico Sul (ASA), responsáveis, em grande parte, pelas condições de tempo sobre o continente, uma vez que exercem influência destacável na penetração das massas de ar tropicais úmidas e polares. Já as perturbações transientes, de meso e larga escala, de durações variadas e que atuam em todas as latitudes, que migram e modificam-se enquanto transportadas pela circulação dominante de larga escala, determinam as condições de tempo locais.

Sobre a climatologia do estado do Rio de Janeiro, Silva e Dereczynski (2014) avaliaram as tendências observadas nos extremos climáticos de variáveis meteorológicas (temperatura do ar e precipitação) ao longo das últimas décadas, e destacaram a importância da investigação da climatologia de uma determinada região tanto para a percepção das características atmosféricas médias, quanto para a compreensão das flutuações no decorrer do tempo. Os autores evidenciaram os campos médios de temperatura mínima e máxima do ar sobre o Estado do Rio de Janeiro, para as estações de verão e inverno, e demonstraram que, a altitude e a proximidade do oceano são os principais fatores controladores destas variáveis. A partir do estudo dos pesquisadores, observou-se que boa parte da região da Baía de Guanabara (Baixadas Litorâneas e região metropolitana, com a área portuária do Rio de Janeiro localizada nessa região) sofrem influência de altas temperaturas no inverno e no verão.

Também torna-se relevante obter informações sobre índices pluviométricos, em função da intensidade da precipitação, a partir do entendimento dos principais sistemas meteorológicos atuantes na região do Rio de Janeiro. Kousky (1988) cita sobre a influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), caracterizada por uma banda de nebulosidade convectiva que se estende, em geral, desde a Amazônia até o Oceano Atlântico, numa direção noroeste-sudeste, em especial, durante os meses de novembro a março.

Conforme Silva e Dereczynski (2014), o padrão de distribuição espacial da precipitação se mantém ao longo do ano, no Estado do Rio de Janeiro. No verão, os índices pluviométricos são os mais elevados especialmente devido ao estabelecimento da ZCAS e de convecção local. No inverno, há redução brusca dos totais de precipitação, sendo a chuva neste período uma consequência maior de Sistemas Frontais (SFs). Nas regiões mais próximas ao litoral (incluindo região Metropolitana, Baixadas Litorâneas e Norte Fluminense), este valor fica em torno de 150 a 600 mm no verão (até 300 mm no inverno).

Grande parte da região da Baía da Guanabara, portanto, está sob influência desses menores índices pluviométricos. Chove consideravelmente muito mais no período do verão na região.

Segundo Marengo (2006), uma tendência de aquecimento em todo o mundo, especialmente nas temperaturas mínimas, em grandes cidades do Brasil como o Rio de Janeiro, pode ser agravada pela urbanização.

Marengo (2006) também destaca que desde o início do século XX, uma tendência de aquecimento tem sido observada em todo o País e este aquecimento tem sido detectado

especialmente no inverno, cuja temperatura mínima tem apresentado uma taxa de aquecimento maior que a temperatura máxima. Um indicador de aquecimento é a tendência de haver uma maior frequência de dias mais quentes no inverno, e em menor grau, de um maior número de dias mais quentes no verão e no inverno. Em relação à chuva, a tendência não é muito clara devido a poucos estudos, porém tendências de aumento na frequência de extremos de chuva têm sido observadas nas regiões Sul e Sudeste, e na Amazônia. Entretanto, talvez o mais importante seja a presença de variações interanuais, associadas ao *El Niño* ou a variabilidade do Atlântico Tropical e Subtropical, e interdecadais associadas a variações naturais de clima.

Os autores do Projeto Megacidades, Vulnerabilidade e Mudanças Climáticas (2011) citam que o clima no Rio de Janeiro deverá ficar mais quente até o final do século 21, seguindo o padrão já observado no clima presente. Foi projetado o aumento da maior temperatura máxima anual, da ocorrência de dias e noites quentes e da duração das ondas de calor e redução na ocorrência de dias e noites frios. Para os autores, as alterações esperadas para o clima nas próximas décadas podem agravar os problemas decorrentes de uma urbanização desorganizada e causar sérios impactos na infraestrutura de serviços públicos das cidades.

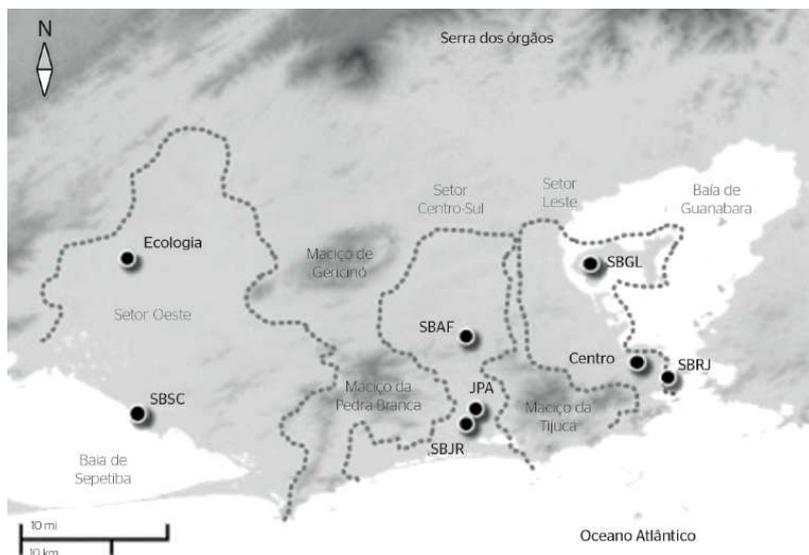
A identificação do regime de vento na RMRJ (Região Metropolitana do Rio de Janeiro) e sua associação com a precipitação, transporte de poluentes, dispersão e espalhamento de gases na atmosfera, processo de formação de nevoeiro, ilha de calor urbana e brisa terra/mar, também é importante num contexto de análise de emissões dos navios movimentados na Baía de Guanabara.

Segundo Pimentel *et al.* (2014), o sítio em que se assenta a RMRJ constitui um importante fator na caracterização do regime de vento, identificação da direção predominante e ocorrência de calmaria. A localização dos maciços da Tijuca, Pedra Branca e Gericinó, que delimitam áreas de baixada cercadas de pequenas serras e morros isolados, a presença do mar e das Baías da Guanabara e Sepetiba e a ocupação irregular do solo, constituem os principais domínios geográficos da RMRJ.

Para a caracterização da distribuição horizontal do vento na região de estudo, Pimentel *et al.* (2014) utilizaram dados horários de direção e intensidade dos ventos observados em oito estações meteorológicas automáticas de superfície, em diferentes localidades da RMRJ. A região do Setor Leste (estações de superfície do aeroporto Santos

Dumont, Centro e aeroporto Galeão para determinação do padrão dos ventos), representada por Pimentel *et al.* (2014), é a área mais próxima à Baía de Guanabara (Figura 20).

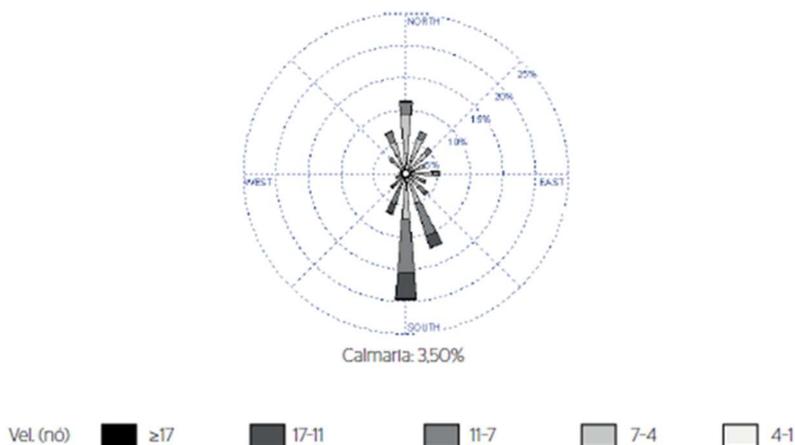
Figura 20 - Localização geográfica das estações de superfície na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.



Fonte: Pimentel *et al.* (2014).

De acordo com Pimentel *et al.* (2014), próximo à entrada da Baía, a estação do Santos Dumont, apresenta em sua composição total um padrão norte-sul evidente (Figura 21).

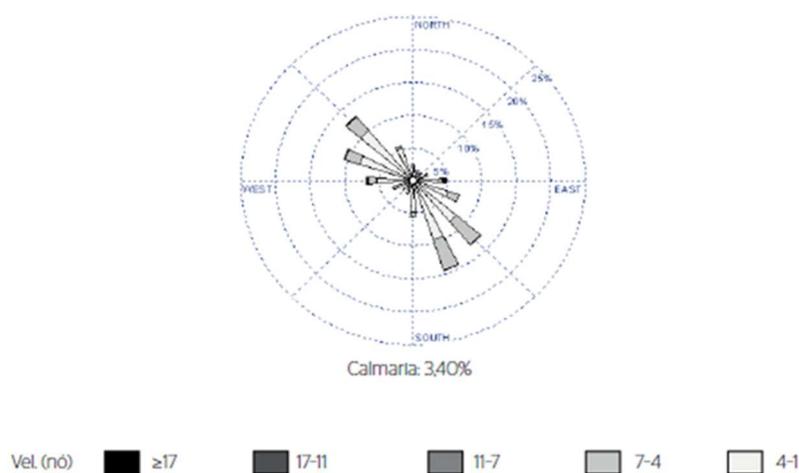
Figuras 21 - Distribuição de frequência dos ventos para a estação Santos Dumont, referente a composição total.



Fonte: Pimentel *et al.* (2014).

Ainda em Pimentel *et al.* (2014), a estação Centro, localizada em uma área extremamente urbanizada, possui um padrão total de vento caracterizado pelas direções sudeste e noroeste (Figura 22). Os autores também destacaram ventos intensos de leste de aproximadamente 18 nós, com frequência de observação relativamente baixa (5%) e presentes em todos os períodos do dia, e, a influência da urbanização, por meio da formação de corredores por entre os edifícios, poderia estar contribuindo para esta característica de ventos de leste no local.

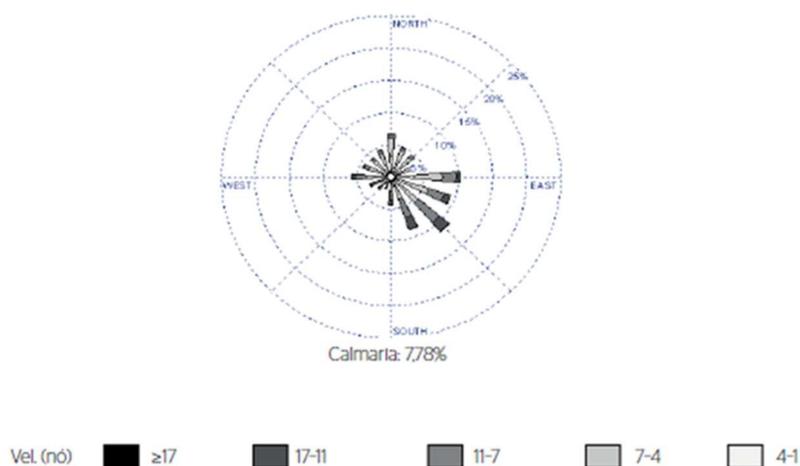
Figura 22 - A direção sudeste, observada na composição total.



Fonte: Pimentel *et al.* (2014).

Para Pimentel *et al.* (2014), na estação do aeroporto do Galeão, localizado na Ilha do Governador, o padrão total de vento é distribuído em diversas direções, com predominância de sudeste e leste (Figura 23).

Figura 23 - Distribuição de frequência dos ventos para a estação Galeão, referente a composição total.



Fonte: Pimentel *et al.* (2014).

Pimentel *et al.* (2014) também aborda que na análise da distribuição de frequência dos ventos fica evidenciada a modulação da circulação local de acordo com a atuação do sistema de brisa marítima-terrestre. Com relação à Baía de Guanabara, os autores citam que a formação parece produzir um efeito de canalização, bastante evidente no padrão norte-sul na estação Santos Dumont, localizada na entrada da baía.

De acordo com a UNCTAD (2015), o transporte marítimo enfrenta o duplo desafio da mitigação e da adaptação climática pois os efeitos de sua variabilidade já estão sendo sentidos em diferentes partes do mundo. Portos marítimos, em particular, dado a sua localização e vulnerabilidade, provavelmente serão altamente afetados por tais fatores. Assim, o fechamento de um porto, induzido pelo clima, ou uma interrupção das operações, pode ser dispendioso, com implicações nos volumes e custos de transporte, carga e capacidade de carga, planos de navegação e/ou carregamento, armazenamento e armazenagem.

Visando a antecipação quanto a fatores de mudança climática, considera-se importante destacar, por exemplo, o uso de radares S (imagens MAXCAPPI), e do satélite GOES-12, na identificação de formação de tempestades na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) e sua relação com a circulação de brisa marítima na Baía de Guanabara (CARDOSO, 2010; SOUSA e KARAM, 2014). Cardoso (2010) observou e exemplificou a associação de brisa com a formação e desenvolvimento de condições convectivas intensas associadas a linhas de instabilidade pré-frontais alinhadas na direção SE-NW (tempestade). Na situação particular estudada, a fonte de umidade do sistema convectivo foi provida por

brisa de quadrante sul com intensidade em torno de 8 m.s^{-1} . Também, na análise observacional feita pelo pesquisador, foi possível verificar a convergência do escoamento do campo de vento horizontal sobre a área metropolitana a oeste da Baía de Guanabara, com a provável consequência do transporte de umidade e da formação de nuvens sobre a área urbana.

3.3 PREPARAÇÃO DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE CO₂ DE NAVIOS MOVIMENTADOS NA BAÍA DE GUANABARA

Procedimentos descritos em manuais e guias técnicos internacionais foram verificados para o emprego da melhor metodologia de estimativa de emissões de GEE, para o caso de navios movimentados na Baía de Guanabara.

A abordagem utilizada foi a *bottom-up*, sendo consideradas as emissões referentes ao motor principal (maior parcela de emissões) e aos motores auxiliares das embarcações. Dados da praticagem *Rio Pilots* foram usados nesse estudo para o inventário portuário dos navios, sendo considerados os modos de operação de manobra e *hotelling*. O modo de operação de manobra, segundo Tzannatos (2010), se refere ao movimento de baixa velocidade do navio, com a utilização dos motores principais, entre o quebra-mar do porto (entrada/saída) e o ponto de ancoradouro ou o cais de atracação. Já no modo *hotelling* de operação, durante a estadia da embarcação no porto (atracado ou fundeado), os motores auxiliares são utilizados, principalmente, para fornecer energia elétrica para o navio enquanto no cais, mas também, para alimentar guindastes, guinchos, bombas e outros equipamentos usados a bordo. Embarcações oceânicas usam tipicamente motores auxiliares de 500 a 2.000 kW para a energia elétrica a bordo (*Commercial Marine Emission Inventory Development*, 2002).

As emissões foram estimadas como uma função da demanda de potência dos navios (em kwh) multiplicado por um fator de emissão (g/kwh^{-1}). A demanda de energia é relacionada à razão de potência máxima do motor (MCR) dos navios, ao fator de carga (LF) do motor, à velocidade (incluindo a velocidade atual e a máxima), e à duração das atividades (em horas).

A metodologia utilizada para a realização deste estudo foi baseada no definido pela ENTEC (2010), para o presente estudo foi feito o seguinte:

Foi realizado um inventário dos navios movimentados na Baía de Guanabara para uma amostra representativa do ano, que foram os períodos de verão (Dezembro/2014, Janeiro e Fevereiro/2015) e inverno (Junho, Julho e Agosto/2015) para o Hemisfério Sul.

Para a confecção do inventário foi necessário obter dados de movimento dos navios, local de partida, local de chegada, hora de saída e hora de chegada, para cada navio individual. Recorreu-se ao site oficial da Praticagem do Estado do Rio de Janeiro (*Rio Pilot's*) para os períodos citados, na Baía de Guanabara, listando-se os momentos das movimentações dos navios (data e hora). Assim, determinou-se o tempo referente a cada manobra. Foram listadas 3101 manobras no período de verão e 3046 manobras no período de inverno. Os inventários foram realizados para os modos operacionais de manobra (motor principal e motores auxiliares em funcionamento) e *hotelling* (apenas motores auxiliares em funcionamento).

Após essa etapa, todas as embarcações foram classificadas, a partir de dados de ficha técnica das embarcações, extraídos do *site Marine Traffic*. Foi possível, então, levantar os dados necessários para o preenchimento do inventário (tipo de navio, arqueação bruta, ano de construção). A classificação por tipo de navio foi a seguinte (Quadro 02):

Quadro 02 - Tipos de navios listados no Inventário (classificação à partir de dados da ficha técnica das embarcações).

TIPOS DE NAVIOS	TIPOS DE NAVIOS (tradução)
<i>CONTAINER SHIP</i>	NAVIO CONTENEIRO
<i>OFFSHORE SUPPLY</i>	REBOCADOR OFFSHORE
<i>TANKER</i>	NAVIO PETROLEIRO
<i>GAS TANKER</i>	NAVIO GASEIRO GLP/GNL
<i>GENERAL CARGO</i>	NAVIO DE CARGA GERAL
<i>BULK CARRIER</i>	NAVIO GRANELEIRO
<i>OFFSHORE TUG</i>	REBOCADOR DE MANUSEIO DE ÂNCORAS
<i>VEHICLE CARRIER</i>	NAVIO DE TRANSPORTE DE VEÍCULOS
<i>RESEARCH/SURVEY VESSEL</i>	NAVIO DE PESQUISA
<i>DIVING SUPPORT VESSEL</i>	NAVIO DE APOIO AO MERGULHO
<i>PLATAFORM</i>	UNIDADE DE PERFURAÇÃO E PRODUÇÃO
<i>PIPE LAYER</i>	NAVIO DE LANÇAMENTO DE LINHA
<i>WELL STIMULATION VESSEL</i>	NAVIO DE ESTIMULAÇÃO DE POÇOS
<i>RO-RO CARGO SHIP</i>	NAVIO DE CARGA ROLL-ON ROLL-OFF
<i>HOPPER DREDGER</i>	DRAGA

Fonte: A autora.

Para os valores de potência efetiva máxima do motor (MCR) dos navios, dados do *Lloyd's Register* poderiam ser acessados (para cerca de 96% dos navios), no entanto, essas informações não estão disponíveis de maneira gratuita. Como não foi possível obter esses

dados específicos, foi determinada a MCR à partir de dados extraídos do site oficial da ANTAQ. A Antaq, porém, relaciona dados e características de apenas 740 embarcações que operam em águas sob jurisdição nacional. Dessa forma, só foi possível obter as informações de MCR de alguns navios.

Com relação aos dados de MCR, para os navios que não estavam relacionados no site da ANTAQ, foi realizada uma estimativa desses valores, à partir da Tabela 05 (Anexo A) da publicação *Third IMO Greenhouse Gas Study* (IMO, 2014). A referida Tabela detalha os dados que caracterizam as atividades dos navios, a demanda de potência efetiva do motor principal (em média) e as especificidades de emissões de cada tipo de navio dentro da análise da indústria do transporte. Conforme o tipo e o tamanho da embarcação - ou porte bruto (DWT - *dead weight*) da embarcação, as informações estimadas de MCR do motor principal foram obtidas.

Quanto aos motores auxiliares e aos valores de potência efetiva desses motores, necessários para os cálculos de emissões nos modos operacionais de manobra e *hotelling*, a *Starcrest Consulting Group LLC* (2010) comenta sobre a dificuldade de obtê-los. Segundo o documento, não é uma exigência da IMO ou de Sociedades Classificadoras que os proprietários de embarcações informem sobre esses dados ao *Lloyd's Register*. Assim, os dados do *Lloyd's* contêm informações mínimas sobre motores auxiliares de embarcações. Em uma nova edição, para os portos de *San Pedro Bay (Los Angeles e Long Beach)*, a *Starcrest Consulting Group LLC* (2016) utilizou esses dados mínimos do *Lloyd's* juntamente com dados de motores auxiliares coletados no porto (navios em chamadas locais) para gerar perfis ou padrões para os dados faltantes. Desse modo, foi encontrado um número médio ou típico para a potência dos motores auxiliares utilizados e a sua carga correspondente durante as operações. Os dados da Tabela 06, utilizados para o estudo no Porto de *Long Beach*, foram também utilizados no presente estudo:

Tabela 06 - Resumo do padrão de potência média de motores auxiliares de alguns tipos de navios, para os modos operacionais de manobra e *hotelling*.

Tipo de navio	Padrão de potência média dos motores auxiliares (kw) para o modo operacional de manobra	Padrão de potência média dos motores auxiliares (kw) para o modo operacional <i>hotelling</i>
<i>Auto carrier</i>	2391	1079
<i>Bulk</i>	822	313
<i>Bulk – Heavy Load</i>	1223	462
<i>Container 4000</i>	2472	1270
<i>Container 5000</i>	4487	1220
<i>Cruise</i>	8711	5445
<i>General Cargo</i>	1060	421
<i>RoRo</i>	396	132
<i>Tanker – Aframax</i>	719	576
<i>Tanker – Chemical</i>	833	611
<i>Tanker – Panamax</i>	801	596
<i>Tanker – Suezmax</i>	1288	860

Fonte: *Starcrest Consulting Group LLC* (2016).

A *Starcrest Consulting Group LLC* (2016) também assumiu o valor de 157 horsepower de potência efetiva média de motor auxiliar para os rebocadores oceânicos (*offshore supply/offshore tug*), o que equivale a 117 kw. Para navios do tipo “outros”, foi assumido o valor de 60 *horsepower*, equivalente a 44 kw de potência, para os motores auxiliares.

O cálculo de emissões de CO₂, foi estimado, uma vez que foi impossível a obtenção de dados mais precisos de potência efetiva de motores para todas as embarcações. Foi aplicada a metodologia descrita pela EPA (2009), em conformidade com a corrente metodologia praticada em inventários de emissões. Segue fórmula utilizada para o cálculo:

$$E = P \cdot LF \cdot A \cdot EF$$

Onde:

E = Emissões (g)

P = Potência Efetiva Máxima do Motor Principal (kw)

LF = Fator de Carga (porcentagem em uso da potência efetiva de máquina do navio)

$$LF = (AS/MS)^3$$

Onde:

LF = Fator de Carga (porcentagem)

AS = Velocidade atual (*knots*)

MS = Velocidade máxima (*knots*)

A = Atividade (hrs)

EF = Fator de Emissão de CO₂ (g/kwh)

À partir de estudos da ENTEC UK *Limited* (2002), no inventário de emissões para o Porto de *Long Beach*, a *Starcrest Consulting Group LLC* (2010) destaca os fatores de emissão para os tipos de motores de propulsão predominantes: motores diesel de velocidade lenta – 620 gCO₂/kWh; e motores diesel de média velocidade – 683 gCO₂/kWh. Para o presente estudo, quanto às emissões referentes ao motor principal, no modo operacional de manobra, o fator de emissão adotado foi de 660 gCO₂/kWh, para todos os tipos de navios. Fator de emissão é dependente do teor de carbono do combustível sendo, em média, 86,25% para todos os combustíveis navais (MEPC/Circ.471 IMO, 2005), o que corresponde a uma emissão de CO₂ de 3.179 kg/tonelada de combustível. Isto é bem próximo a 86,5% utilizado para o fator de emissão de CO₂ *Lloyds Register* de 3,170 kg de CO₂/tonelada de combustível ou 660 g/kWh (*Lloyds Register Engineering Services*, 1995).

Para as emissões referentes aos motores auxiliares, nos modos operacionais de manobra e de estadia (*hotelling*), o fator de emissão adotado foi de 690 gCO₂/kWh, para todos os tipos de navios. O fator de emissão em g/kWh relativo ao tipo de motor/combustível para motores auxiliares - MSD/MDO (motor diesel de velocidade média/combustível óleo diesel marinho) pode ser observado na Tabela 07, conforme documento da ENTEC (2002).

Tabela 07 - Fatores de emissão em g/kWh relativos ao tipo de motor/combustível para Motores Auxiliares. MSD = diesel de velocidade média, HSD = diesel de alta velocidade, MGO = gasóleo marítimo, MDO = Óleo diesel marinho, RO = óleo residual.

Motores Auxiliares Tipo de motor/Tipo de combustível/Tamanho	NO _x	SO ₂	CO ₂	HC	PM	Consumo específico de combustível
MSD /MGO	13.9	1.1	690	0.4	0.3	217
MSD / MDO	13.9	4.3	690	0.4	0.3	217
MSD / RO	14.7	12.3	722	0.4	0.8	227
HSD / MGO	10.9	1.1	690	0.4	0.3	217
HSD / MDO	10.9	4.3	690	0.4	0.3	217
HSD / RO	11.6	12.3	722	0.4	0.8	227

Fonte: *Entec UK Limited* (2002).

Com relação ao modo operacional de manobra, para o motor principal, o fator de carga adotado foi de 20% (0,2) para todos os tipos de navios. Em Villalba e Gemechu (2011), o fator de carga é uma medida da velocidade máxima e a velocidade real, pois a velocidade

que um navio adentra num porto pode variar, dependendo da distância que deve ser navegada ou dos limites de velocidade impostos pela Autoridade Portuária. A EPA (2010) mostra que os fatores de emissão de GEE são considerados como constantes para carga de motor de cerca de 20%. Abaixo desse limiar, os fatores de emissão tendem a aumentar à medida que a carga diminui. Esta tendência resulta porque os motores diesel são menos eficientes em cargas baixas e o consumo específico de combustível do freio (BSFC) tende a aumentar. Assim, enquanto as emissões em massa (gramas por hora) diminuem com cargas baixas, a potência do motor tende a diminuir mais rapidamente, aumentando assim o fator de emissão (gramas por potência do motor) a medida que a carga diminui. Os fatores de ajuste de baixa carga foram desenvolvidos com base no conceito de que o BSFC aumenta à medida que a carga diminui abaixo da carga de cerca de 20%, elucidando que a potência do motor principal (kW) é necessária para calcular a contribuição deste motor às emissões dos navios.

Para os motores auxiliares, nos modos operacionais de manobra e *hotelling*, considerou-se padrões de potência, sendo assim, foi utilizado 100% dos padrões de potência dos motores auxiliares, para todos os tipos de navios – fator de carga (LF) igual a 1.

3.4 LIMITAÇÕES DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE CO₂ DE NAVIOS MOVIMENTADOS NA BAÍA DE GUANABARA

Para uma melhor compreensão dos resultados estão discutidas nesse item, algumas limitações decorrentes da preparação do inventário de emissões de CO₂ de navios:

- A abordagem metodológica utilizada (*bottom-up*) exige a coleta e análise de dados de atividades dos navios. Apenas os dados disponibilizados pela Praticagem do Rio de Janeiro puderam ser utilizados na composição do inventário. Navios que, por ventura, não foram movimentados pela Praticagem *Rio Pilots* no período em estudo, não foram relacionados no inventário, devido à impossibilidade de obtenção de seus dados de atividades.
- Rebocadores portuários, utilizados frequentemente pelos Práticos no apoio às manobras de atracação/desatracação dos navios, também são fontes potenciais de emissões para a atmosfera. No entanto, as informações técnicas dos motores desses rebocadores, bem como a quantidade e a frequência de utilização dos mesmos nas manobras portuárias, não foram obtidas.

- Não foram consideradas as emissões referentes às balsas, lanchas e catamarãs, da prestadora de serviços de transporte CCR Barcas, que executam rotas regulares de navegação na Baía de Guanabara (Rio de Janeiro x Niterói; Rio de Janeiro x Paquetá; Rio de Janeiro x Cocotá; Rio de Janeiro x Charitas), para o transporte de passageiros/carros/cargas. A especificação técnica dos motores dessas embarcações não foi obtida.
- Para o cálculo das emissões, foram utilizados dados de potência efetiva do motor principal das embarcações (emissões resultantes da queima de combustível no motor principal) e dados de potência dos motores auxiliares (durante o período em que os navios estiveram em modo de operação *hotelling*). Dados sobre caldeiras dos navios, por exemplo, não puderam ser obtidos (dados indisponíveis). O motor principal de navios é o responsável pela emissão de parcela mais representativa de GEE. A ENTEC (2002), a partir de um estudo sobre a visão geral do potencial de combustão e emissão de motores navais, mostra que, em termos de número e magnitude de emissão, motores principais e auxiliares se destacam muito mais, e em seguida, máquinas de turbina (a gás e a vapor). Emissões de caldeiras, motores de emergência a diesel e incineradores de resíduos são relativamente muito pequenas e podem ser consideradas negligenciáveis.
- Não foi possível obter os dados de potência de motor principal para todo o universo de navios inventariados, assim, estimativas foram feitas à partir de valores tabelados (ver Tabela 05 – em anexo). Cabe ressaltar a questão da imprecisão em torno das características de potência estimadas. Por exemplo: A tabela utilizada para a estimativa de valores de potência efetiva de motor principal mostra apenas embarcações *OFFSHORE*, não discriminando *OFFSHORE SUPPLY* de *OFFSHORE TUG* (que possui maior BHP em virtude da característica de projeto dessa embarcação).
- Para esse estudo, não foram estimadas as emissões das embarcações em modo operacional “de cruzeiro” (velocidade reduzida ou velocidade de cruzeiro) (emitidas em momento anterior ao embarque do práctico). Portanto, o presente estudo se limita ao cálculo estimado de emissões do modal marítimo, em movimentação na Baía de Guanabara, nos modos operacionais de manobra e *hotelling*.
- A referência internacional pesquisada menciona os cálculos de emissão dos motores das embarcações para “máquinas à vante” (velocidades positivas). Porém, durante as

manobras, os Práticos opcionalmente podem alterar a rotação do motor, inclusive utilizando o comando de “máquinas à ré”. A análise dessa situação particular não foi possível devido a indisponibilidade de dados.

- Os valores de emissões de CO₂ foram estimados para uma suposta velocidade constante de 5 nós (2,57 m/s). Na prática, existe uma variação da velocidade no decorrer da navegação, conforme as características de manobrabilidade de cada embarcação e a aproximação ao cais de atracação ou local de fundeio. Com a variação da velocidade e potência de máquina, haverá maior ou menor emissão de GEE. Conforme a Norma Portuária para o Porto do Rio de Janeiro, elaborada pela Capitania dos Portos do Rio de Janeiro (NPCP-RJ, 2016), que divulga os procedimentos especiais e estabelece as limitações para os portos/terminais e seus acessos, o Capitão dos Portos, por delegação do representante da Autoridade Marítima, coordenará o estabelecimento de limitações operacionais nos portos da jurisdição, tais como o calado máximo recomendado e a velocidade de evolução nos diversos trechos navegáveis. Também segundo a NPCP-RJ deve ser respeitada a velocidade máxima para os navios no interior da Baía de Guanabara no canal principal, com início nas proximidades da boca da barra e com término nas proximidades do Terminal Flexível de GNL, demarcado na carta náutica da DHN 1513 que são os seguintes: a) navios entrando pelo canal dragado (Cotunduba) ou diretamente, caso o calado assim o permita, a velocidade máxima será de 10 (dez) nós, até cruzar o través da Ilha de Boa Viagem, quando deverá ser reduzida para até 7 (sete) nós, assim permanecendo até a passagem sob a Ponte Presidente Costa e Silva. Após a ponte e nos demais trechos dos canais de acesso aos portos e terminais, a velocidade será a necessária à realização de manobras seguras, limitada a 8 (oito) nós; e b) Para navios saindo, provenientes da área norte da baía, a velocidade deverá ser a necessária às manobras com segurança, limitada a 7 (sete) nós para a passagem sob a ponte Presidente Costa e Silva, e poderá aumentar a velocidade até 10 (dez) nós, ao cruzar a Ilha de Boa Viagem, demandando em direção a saída da Baía de Guanabara.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com relação às movimentações no modo operacional de manobra, no período de verão (dez/2014, jan e fev/2015), para um total de 3.101 movimentações de navios, a estimativa do total de CO₂ emitido foi de 8.461,10 toneladas. Foram movimentados pela Praticagem *Rio Pilots* 592 navios nesse período, e o total de tempo gasto em manobras foi de 3.702,98 horas. No inverno (jun, jul e ago/2015), para um total de 3.046 movimentações, o total de emissões foi de 7.662,16 toneladas de CO₂. Ao todo, 632 navios foram movimentados e um total de 3.925,05 horas foram gastas em manobras pela Praticagem *Rio Pilots*. Assim, 1.224 navios foram movimentados nos períodos de verão e inverno no Porto do Rio de Janeiro, num total de 6.147 movimentações.

Também, a partir do inventário utilizado nesse estudo, para cada embarcação, foram obtidos dados referentes ao tempo de atracação das embarcações, bem como, ao tempo de ancoragem, ou seja, tempo total em modo operacional *hotelling*, para um período de 06 meses (verão e inverno). Assim, nessas situações de atracação ou fundeio, ou seja, no intervalo entre as manobras, foi considerado que os navios operaram apenas com os seus respectivos motores auxiliares. O tempo total despendido nesse modo de operação foi de 79.460,50 horas no verão e 93.829,38 horas no inverno, perfazendo um total de 173.289,88 horas. Durante esse intervalo, a quantidade estimada de CO₂ emitida pelos motores auxiliares foi de 46.905,00 toneladas no verão e 19.303,53 toneladas no inverno; 66.208,53 toneladas de CO₂ no total.

As Figuras 24 e 25 comparam os dois modos de operação citados acima e evidenciam que, apesar dos motores auxiliares das embarcações operarem em uma potência efetiva muito menor do que a potência utilizada nos motores principais, o intervalo de tempo das operações *hotelling* foi consideravelmente muito maior, o que demandou muito mais toneladas de CO₂ emitidas para a atmosfera. A quantidade estimada emitida de 82.331,79 toneladas de CO₂ foi a encontrada ao total, à partir do somatório das quantidades emitidas pelos navios nos modos operacionais de manobra e *hotelling*, nos períodos de verão e inverno analisados (06 meses).

Figura 24 - Tempo estimado utilizado nas operações de manobras e *hotelling* das embarcações, nos períodos de verão e inverno.

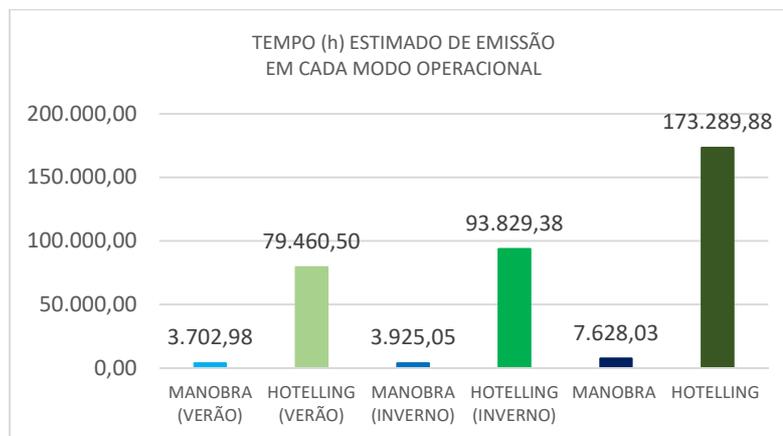
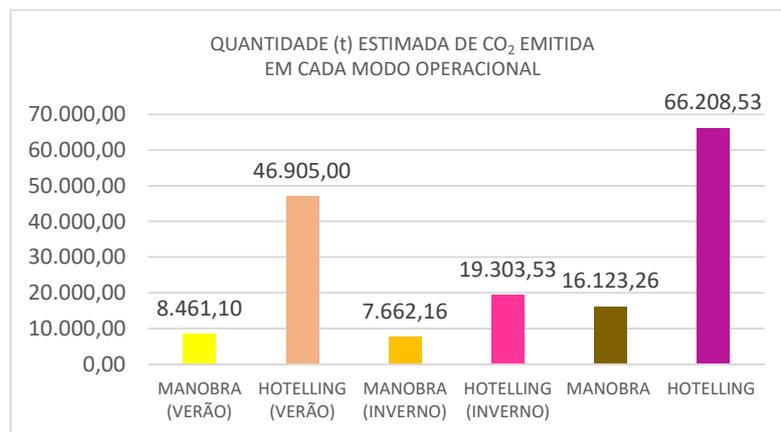


Figura 25 - Quantidade estimada de CO₂ emitida nas operações de manobras e *hotelling* das embarcações, nos períodos de verão e inverno.



Com relação ao tempo gasto durante o modo operacional *hotelling*, verifica-se que as embarcações, de maneira geral, permaneceram muito mais tempo ancoradas e/ou atracadas, do que navegando (manobrando).

A distribuição do total de emissões no verão e no inverno por tipo de navio, no modo operacional *hotelling*, está sendo apresentada nas Figuras 26 para o verão, e 27 para o inverno. É interessante observar que as emissões nesse modo operacional, variam de acordo com o tempo dispendido pelos navios no porto, e, conforme as características dos motores auxiliares das embarcações, ou seja, para cada tipo de embarcação, haverá motores com maior potência efetiva ou menor. Vale ressaltar que os navios de passageiros (*passengers*

ship) possuem motores auxiliares de maiores potências pois necessitam de um maior número de sistemas e equipamentos em funcionamento durante as estadias portuárias, para o bem-estar da tripulação.

Figura 26 - Participação de cada tipo de navio em emissões estimadas de CO₂ (t) no verão, no modo operacional *hotelling*.

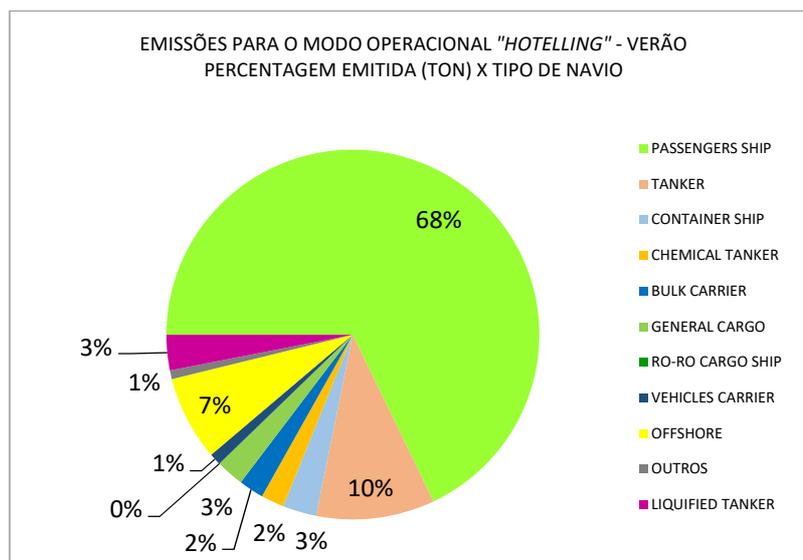
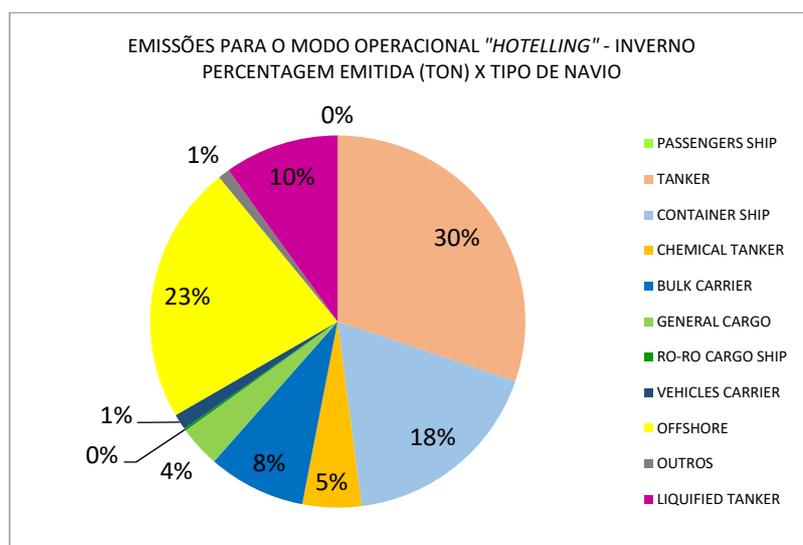


Figura 27 - Participação de cada tipo de navio em emissões estimadas de CO₂ (t) no inverno, no modo operacional *hotelling*.



Com relação ao modo operacional de manobra, a distribuição do total de emissões no verão e no inverno por tipo de navio está sendo apresentada nas Figuras 28 para o verão, e 29 para o inverno. Os navios com maior participação em emissões de CO₂ são do tipo contêiner (containers ship), seguidos por embarcações offshore e petroleiros (tankers). Navios do tipo offshore aparecem com uma parcela representativa de emissões, principalmente, devido à quantidade de embarcações desse tipo. A localização geográfica estratégica do Porto do Rio de Janeiro e sua característica no apoio às atividades de prospecção e extração do petróleo da região do pré-sal brasileiro contribui para esse cenário. Observa-se também que houve uma expressiva participação de navios de passageiros (passengers ship) nas movimentações portuárias, no período de verão, ocasionando uma alta contribuição de emissões de CO₂ desse tipo de navio para a atmosfera. Já no período de inverno, não houve registro de movimentação desse tipo de navio. Para os navios petroleiros, existe uma particularidade, pois além de um número de chamadas considerável (movimentações/manobras), a atracação dessas embarcações se dá em piers marítimos, localizados em área mais interior da Baía de Guanabara – portanto, o tempo de execução das manobras (tempo de navegação) é maior para esses navios.

Figura 28 - Participação de cada tipo de navio em emissões estimadas de CO₂ (t) no verão, no modo operacional de manobra.

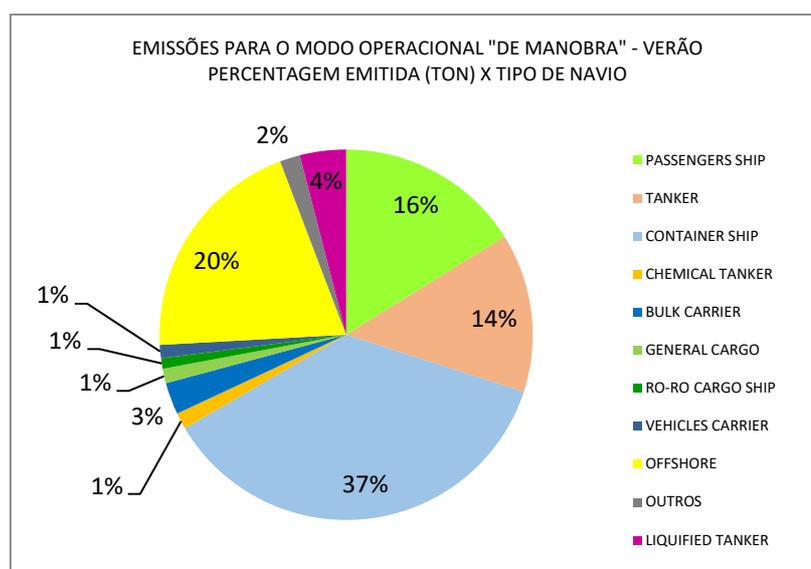
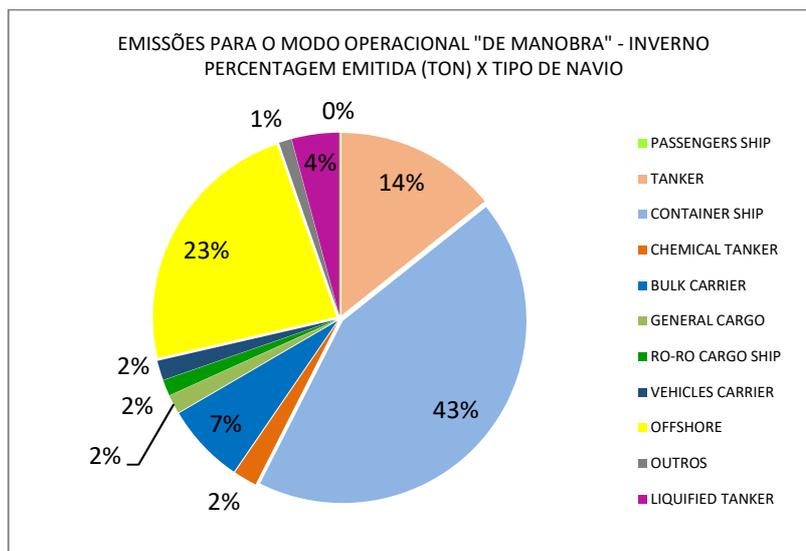


Figura 29 - Participação de cada tipo de navio em emissões estimadas de CO₂ (t) no inverno, no modo operacional de manobra.



Com relação ao número de chamadas para cada tipo de navio, as Figuras 30 e 31 mostram a situação, para o verão e o inverno, respectivamente. Observa-se que as movimentações das embarcações do tipo *offshore* foram muito mais frequentes. Na sequência, navios petroleiros (*tankers*) e contêineres (*containers ship*) são os mais movimentados pela Praticagem *Rio Pilots*.

Figura 30 - VERÃO - Tipos de navios X Número de chamadas.

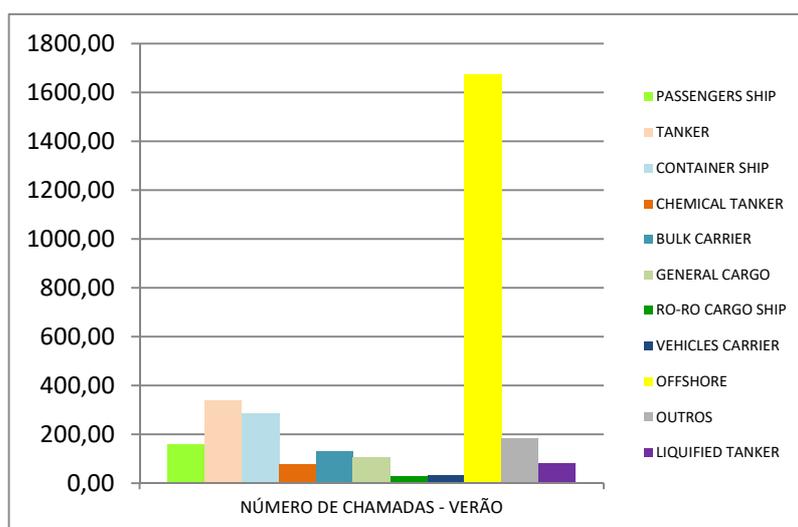
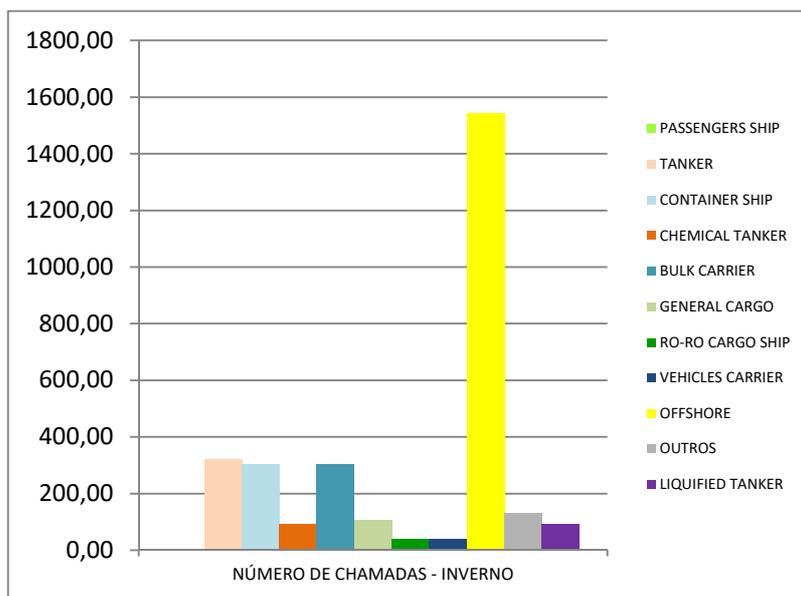


Figura 31 - INVERNO - Tipos de navios X Número de chamadas.



O tempo gasto em movimentações ou manobras é apresentado nas Figuras 32 e 33. O total de CO₂ emitido é diretamente proporcional à distância navegada pela embarcação e ao tempo decorrido nessa navegação. No presente estudo, o período de cada manobra variou conforme o destino de cada navio, com relação à navegação, nos limites portuários do Rio de Janeiro. Os navios do tipo *offshore*, por apresentarem o maior número de chamadas, consequentemente, estiveram muito mais tempo em regimes de manobra. Na sequência, destacaram-se os navios petroleiros (*tankers*) (cujos terminais marítimos se localizam em pontos mais interiores da Baía de Guanabara).

Figura 32 - VERÃO - Tipos de navios X Tempo de manobra (h).

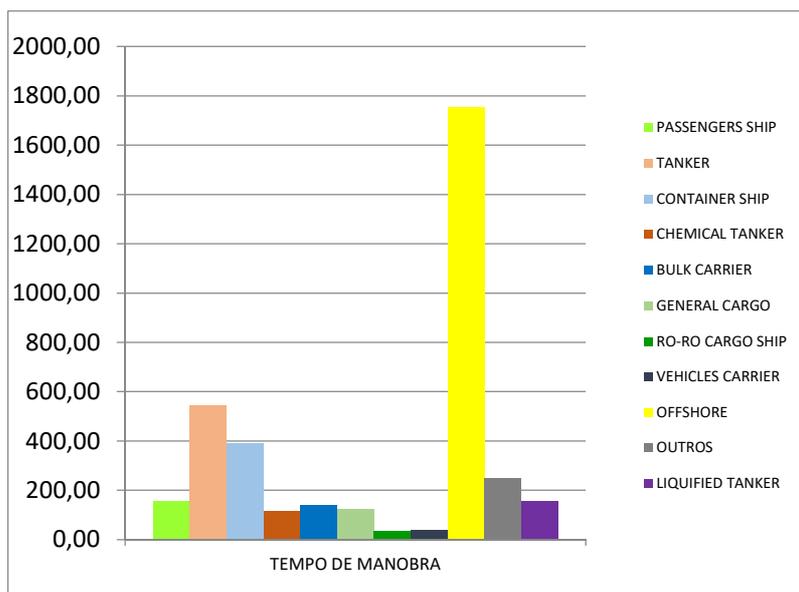
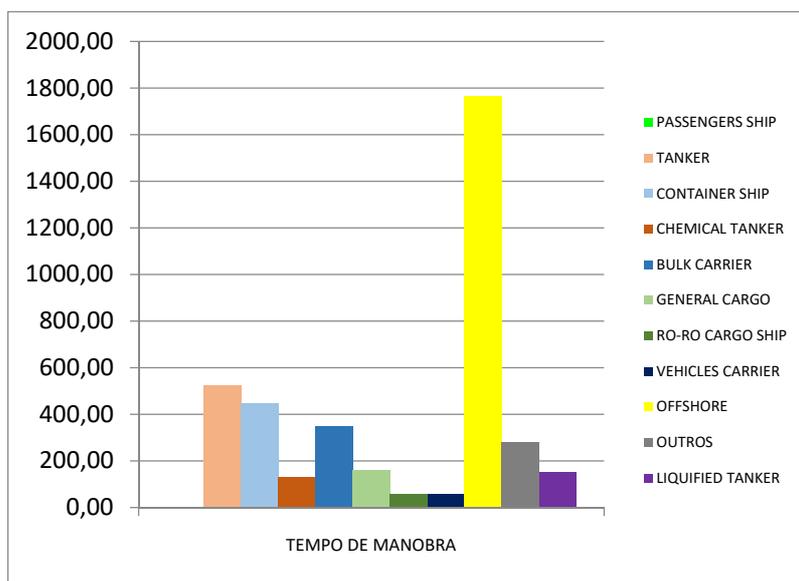


Figura 33 - INVERNO - Tipos de navios X Tempo de manobra (h).



Também foi possível comparar as quantidades de CO₂ emitidas no Porto do Rio de Janeiro com o estimado para outros portos marítimos (Figura 34). Contudo, conforme destacado por Villalba e Gemechu (2011), vale ressaltar que, numa situação de comparação de emissões com outros portos, considerações cuidadosas devem ser feitas, uma vez que os limites do sistema dos diferentes portos podem variar. Quanto à dedução de resultados, dados

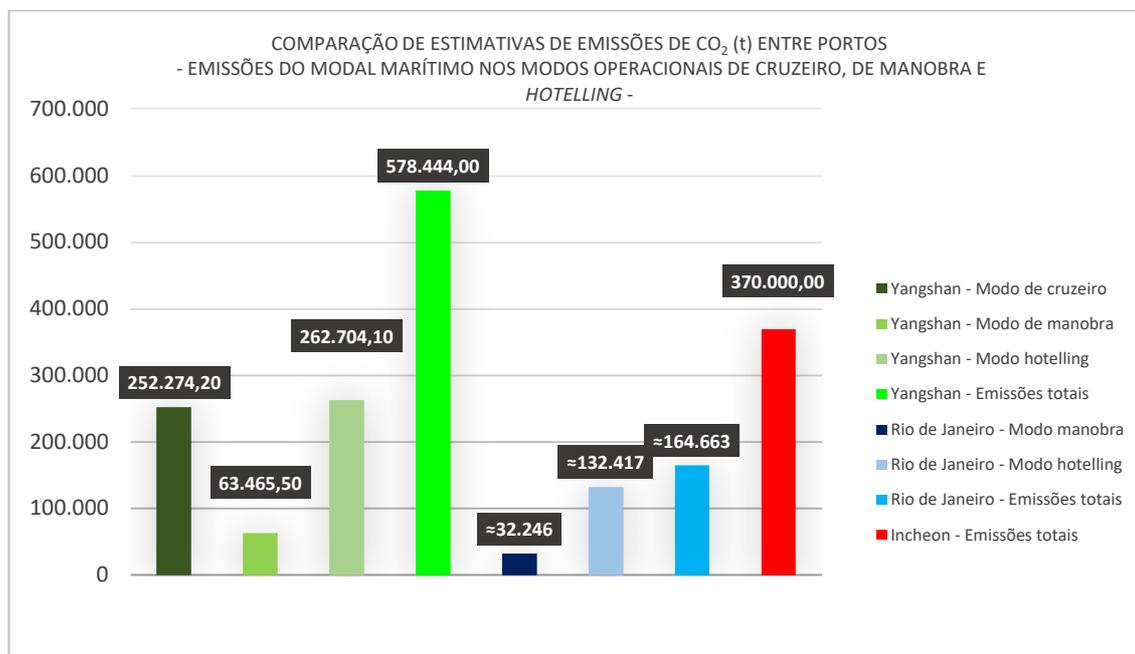
insuficientes sobre as características técnicas dos motores das embarcações inventariadas também influenciam essa análise.

No presente estudo, por exemplo, o inventário de emissões desenvolvido utilizou dados coletados durante seis meses (verão e inverno), em 2015, sendo estimado um total de emissões de 16.123,26 toneladas de CO₂, considerando apenas movimentações dos navios em modo operacional de manobra. Para o período de um ano, deduziu-se um valor aproximado de 32.246 toneladas de CO₂ emitidos para a atmosfera. Para as situações das embarcações em modo operacional *hotelling*, durante o mesmo período de 06 meses, foi estimado um total de emissões de 66.208,53 toneladas de CO₂. A mesma dedução foi feita para a obtenção de um valor aproximado de emissão anual, que correspondeu a 132.417,06 toneladas de CO₂.

Su Song (2014) inventariou uma frota de 6.518 navios em um período de um ano, para o Porto de Yangshan, Shanghai - China, estimando um total de emissões de 578.444 toneladas de CO₂, sendo que, a emissão de 252.274,20 toneladas de CO₂ foi estimada para o modo operacional de cruzeiro, 63.465,50 toneladas de CO₂, para o modo operacional de manobra e, 262.704,10 toneladas de CO₂, para o modo operacional *hotelling*.

Já Chang *et al.* (2013), para o Porto de Incheon - Coréia, inventariou 13.784 navios, em um período de 10 meses do ano de 2012, estimando a emissão de 370.000 toneladas de CO₂ considerando todos os possíveis modos de operação dos navios.

Figura 34 - Estimativas de emissões de CO₂ (t) para os Portos do Rio de Janeiro, Yangshan e Incheon nos diferentes modos de operação desenvolvidos pelos navios inventariados .



Não foi possível comparar as distâncias navegadas ou o tempo de navegação cumprido pelas embarcações inventariadas nos portos de Yangshan e Incheon, devido a não disponibilidade destas informações. Quanto mais tempo os navios estiverem navegando nos limites de um porto, mais eles estarão emitindo GEE e poluentes para a atmosfera.

Su Song (2014) destaca que as emissões do modal marítimo refletem o número de chamadas dos navios, ou seja, quanto mais intenso for o tráfego de navios na zona portuária, mais emissões serão identificadas; e também cita que a quantidade de emissões têm uma correlação significativa com as capacidades dos navios (porte bruto).

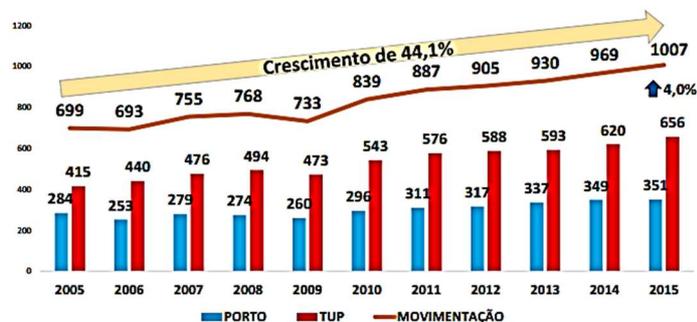
De fato, a participação do Porto do Rio de Janeiro, em movimentação de cargas e frequência de embarcações, é relativamente menor, em um contexto mundial.

4.1 A NECESSIDADE DA SUSTENTABILIDADE PORTUÁRIA NO BRASIL

A problemática da emissão de GEE em áreas portuárias é real e evidente, e desta forma, medidas de sustentabilidade são necessárias para garantir a continuidade da atividade de forma mais atenta às questões ambientais no Brasil.

Estudo da ANTAQ (2016), mostra que houve um crescimento de 44,1% das operações portuárias no Brasil entre 2005 e 2015 (Figura 35).

Figura 35: Movimentações de carga no período de 2005 a 2015 em PO's e TUP's.



Fonte: ANTAQ (2016).

Com relação ao Porto do Rio de Janeiro, a movimentação de carga total para o ano de 2012 somou 8,360 milhões de toneladas, e, nesse ano, apresentou taxa média de crescimento de 3,4%. Nessa projeção, entre o ano de 2010 até 2030, o volume transportado pelo Porto do Rio de Janeiro em 2030 deverá ser de 16,237 milhões de toneladas, um crescimento total equivalente a 94,2%. Apenas com relação aos navios de apoio *offshore*, ocorreram cerca de 4.000 atracações ao longo de 2012, número este que tende a crescer até 2030, podendo atingir 6.000 atracações (LABTRANS, 2014). A Tabela 08 contém as estimativas do número de atracações de navios oceânicos que serão requeridas para atender às movimentações projetadas, considerando-se as projeções de demanda e também as expectativas de evolução da frota que frequentará o porto nos anos futuros.

Tabela 08 - Planejamento do setor Portuário Brasileiro (Porto do RJ) na implantação dos Projetos de Inteligência Logística Portuária.

Item	2020	2025	2030
Trigo	28	29	29
Produtos Siderúrgicos	115	125	134
Ferro Gusa	22	24	24
Concentrado de Zinco	17	19	21
Papel	13	15	18
Cloretos	16	17	19
Veículos	128	161	180
Contêineres	929	1.164	1.342
Cruzeiro	210	223	237
Outros	160	168	182
TOTAL	1.638	1.945	2.186

Fonte: LABTRANS (2014).

Em 2030, o número de atracações, considerando todos os tipos de navios oceânicos juntamente com as embarcações do tipo *offshore*, no Porto do Rio de Janeiro, poderá atingir a expressiva marca de 8.200 atracações (LABTRANS, 2014). De acordo com Joseph (2008), dado o ritmo de crescimento da atividade do transporte marítimo, se não houver controles estritos, as emissões de transporte são susceptíveis de se tornarem um grande problema ambiental nos próximos anos.

Com relação às questões de sustentabilidade, a legislação brasileira é precisa em assegurar tais condições, e a ANTAQ têm empenhado esforços no sentido de estender essa abordagem às atividades portuárias. Por exemplo, no documento “Porto Verde”, da ANTAQ (2011), destaca-se que a Constituição Federal, no seu Art. 225, estabelece que todos temos direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, considerando-o bem de uso comum. Além disso, determina que cabe ao Poder Público e à coletividade defendê-lo e preservá-lo. Nesse sentido, torna-se claro que a ANTAQ está agindo em consonância com suas atribuições previstas em legislação, instituindo mecanismos para o total atendimento às questões ambientais nas instalações portuárias nacionais. Além de internalizar em seus regulamentos vários dispositivos legais de proteção ao meio ambiente, a ANTAQ vêm, em

todos os foros de discussão dos transportes aquaviários, defendendo essa proteção como regra indissociável de um moderno setor de transportes, a ser pautado por políticas nesse sentido. A Agência entende, assim, que os instrumentos de compreensão das questões ambientais são necessários e que existe a possibilidade de sua implementação.

Mas, apenas a conscientização sobre essa problemática e a legislação abrangente não são soluções definitivas para as questões da sustentabilidade no setor portuário brasileiro.

Barreiras administrativas e culturais têm retardado a implementação de práticas mais adequadas de gestão ambiental, situação que é típica de países em desenvolvimento como o Brasil, onde há pressão por maior produtividade e eficiência portuária, mas uma grande carência de recursos públicos que propiciem condições de infra-estrutura e tecnologias gerenciais para atingir esse objetivo.

Apesar de a ANTAQ afirmar que a maioria dos portos já está refazendo suas estruturas organizacionais para lidar adequadamente com as suas tarefas ambientais (ANTAQ, 2011), sabe-se que a situação ideal ainda está um pouco distante.

Assim, é necessário que os portos no Brasil se adaptem cada vez mais aos novos modelos de gestão portuária e que o setor governamental regule e implemente efetivamente políticas motivacionais e sustentáveis para serem cumpridas em águas jurisdicionais brasileiras.

4.2 SUGESTÕES PARA A SUSTENTABILIDADE PORTUÁRIA NO RIO DE JANEIRO

A idéia de relatar sobre a questão do modal marítimo e as emissões de CO₂ no Porto do Rio de Janeiro busca encontrar as viáveis possibilidades para lidar com essa situação. A nível mundial e em portos com maior número de emissão de gases e poluentes, algumas práticas positivas já vêm sendo implementadas, o que retrata uma latente preocupação em relação ao tema.

Kiztmann e Asmus (2006) citam que, para atingir a sustentabilidade do negócio portuário, abordagens gerenciais em diferentes escalas são necessárias, principalmente, numa perspectiva de crescimento das operações portuárias, sendo capazes de abranger todos os sistemas envolvidos, que estão profundamente integrados. Assim, sugere-se para o porto do Rio de Janeiro, que a execução das operações portuárias leve em conta abordagens

gerenciais mais sustentáveis entre os sistemas terrestre e marítimo, a partir da seleção de navios menos poluidores, que executem manobras e operações mais eficientes.

Diante da questão da problemática sustentável portuária para o Porto do Rio de Janeiro, posturas e ações políticas firmes precisam ser tomadas, como também, respostas políticas fortes são necessárias para que as emissões do transporte marítimo possam ser significativamente reduzidas. Segundo Merk (2014), vários portos no mundo têm desenvolvido infra-estrutura, regulação e incentivos que reduzem as emissões nos portos pela aplicação ampla de instrumentos.

Evidencia-se também a importância do estudo a nível local, que corrobora com a implementação de políticas direcionadas às questões sustentáveis portuárias. Villalba e Gemechu (2011), por exemplo, citam que a quantificação das emissões de GEE em um porto, auxilia no controle da forma como as medidas políticas podem ser implementadas, a fim de reduzir o seu impacto. Esta métrica é útil para o porto em estabelecer uma linha de base e de vigilância das emissões ao longo do tempo. No presente estudo, por exemplo, foi observado que grande parte das embarcações no Porto do Rio de Janeiro ficam submetidas em um maior tempo a operações no modo operacional *hotelling* (fundeadas ou atracadas). O efetivo controle desse tempo reduziria expressivamente as emissões portuárias para essa situação (maior eficiência operacional). E, outros estudos para o porto do Rio de Janeiro podem ser feitos, nessa perspectiva sustentável. Também, a opção da utilização de energia elétrica através da conexão terra-bordo seria um ótimo recurso para a sustentabilidade portuária do Rio de Janeiro pois diminuiria as emissões do modo *hotelling* de operação, uma vez que os motores alternativos das embarcações estariam desligados.

Visando-se a sustentabilidade, sugere-se também que uma edição anual de inventário para o setor portuário marítimo do Rio de Janeiro seja implementada, proporcionando o acompanhamento das estimativas de emissões desse porto. De acordo com o estudo EPA (2009), sem um inventário do porto como uma ferramenta, é difícil avaliar as oportunidades de redução de emissões. Além disso, um inventário de emissões portuárias é necessário para avaliar adequadamente os impactos de projetos de melhorias portuárias ou crescimento da atividade marítima, bem como para planejar estratégias de mitigação.

Não apenas um inventário, mas outras ferramentas podem ser possivelmente desenvolvidas, a fim de mitigar potenciais impactos ao meio ambiente. Empresas marítimas norte-americanas se destacam, por exemplo, na utilização de um recurso conhecido por Programa Ambiental *Green Marine* (GMEP), um programa de certificação voluntária

destinado a promover a participação ambiental para alcançar maior sustentabilidade, acima e além da conformidade regulamentar. Conforme Walker (2016), para receber a certificação GMEP, cada participante (que incluem armadores, portos, terminais, estaleiros e empresas de navegação) deve referenciar o seu desempenho ambiental através do preenchimento de uma auto avaliação anual detalhada, e assim, resultados determinam o *ranking* do participante em uma escala de 1 a 5, avaliadas em relação a indicadores de desempenho, nos seguintes níveis:

- Nível 1 - Monitoramento de regulamentos
- Nível 2 - O uso sistemático de um número definido de melhores práticas
- Nível 3 - Integração das melhores práticas para um plano de gestão adotado e compreensão quantificável de impactos ambientais
- Nível 4 - Introdução de novas tecnologias
- Nível 5 - Excelência e liderança

Walker (2016) também cita que o Programa *Green Marine* encoraja os participantes a manterem inventários anuais de emissões de GEE e a adotarem planos de desempenho energético. Cada empresa é responsável por definir a sua própria estratégia de redução de emissões e deve demonstrar reduções de emissões de GEE em curso para atingir os níveis 4 e 5. Para o autor, além do benefício da sustentabilidade ambiental, o programa pode atrair organizações interessadas em fazer negócios com os participantes do GMEP, por serem ambientalmente mais corretos. O governo federal também pode desenvolver políticas para incentivar uma maior participação no GMEP para portos e terminais sob jurisdição nacional, além de incentivar o aumento da participação de empresas do setor privado (com benefício óbvio para o meio marinho). Como mais uma sugestão para a viabilização da sustentabilidade portuária, a adoção de programas ambientais para o porto do Rio de Janeiro estimularia a participação das Empresas e da sociedade na mitigação dos GEE para a atmosfera.

Conforme a NSW EPA (2015), existem várias outras opções que visam a redução das emissões de GEE numa área portuária, portanto, nenhuma solução seria simples ou única.

Kiztmann e Asmus (2006) relatam que, dada a complexidade do sistema, não há instituição (governamental ou privada), ou entidade classista (patronal ou trabalhista), que tenha todas as respostas para os problemas portuários. A solução dos problemas ambientais nas áreas portuárias demandam um somatório de esforços de vários setores (público,

privado, acadêmico), na busca de alternativas inovadoras que superem as barreiras administrativas e culturais que têm retardado a implementação de práticas mais adequadas de gestão, inclusive ambientais. Tal situação é típica de países em desenvolvimento como o Brasil, onde há pressão por maior produtividade e eficiência portuária, mas uma grande carência de recursos públicos que propiciem condições de infra-estrutura e tecnologias gerenciais para atingir esse objetivo.

Assim, é necessário que o porto do Rio de Janeiro se adapte cada vez mais aos novos modelos de gestão portuária e que o setor governamental regule e implemente efetivamente políticas motivacionais e sustentáveis para serem cumpridas.

5 CONCLUSÕES

Nesse estudo, foi realizada uma estimativa de emissões de CO₂ de navios, nos modos operacionais de manobra e *hotelling*, movimentados na Baía de Guanabara, e encontrado um valor estimado de 16.123,26 toneladas emitidas de CO₂, para as movimentações em modo operacional de manobra, bem como, um valor estimado de 66.208,53 toneladas emitidas de CO₂, para as movimentações em modo operacional *hotelling*, considerando-se um período de 06 meses (verão e inverno), em 2015. O total estimado de CO₂ emitido para a atmosfera no período analisado foi de 82.331,79 toneladas. Feita uma comparação entre as emissões estimadas de CO₂ referentes ao modal marítimo para os portos de Yangshan e Incheon, e, uma suposição (para o período de 01 ano) das emissões no porto do Rio de Janeiro, observou-se que a parcela de contribuição do porto do Rio de Janeiro é relativamente baixa, o que é justificável, devido à modesta participação deste porto nas relações de comércio marítimo, à nível internacional. No entanto, tal quota não deve ser considerada menos importante, principalmente num cenário já perceptível de aquecimento global, no qual todos os esforços devem ser tomados, no sentido de controlar as emissões de GEE. Também foi possível verificar algumas características do Porto do Rio de Janeiro, por exemplo, a frequência de movimentação das embarcações, que é muito maior para navios do tipo *offshore*, seguidos por contêineres (*containers ships*), passageiros (*passengers ships*) - no período de verão apenas - e petroleiros (*tankers*). Com relação ao modo operacional *hotelling*, os dados analisados permitiram obter o total de horas despendidas, que foi muito maior em comparação com o modo de manobra, o que também evidencia muito mais emissões liberadas para a atmosfera, uma vez que os motores auxiliares das embarcações permanecem em funcionamento. Também foi possível verificar que navios que possuem maior potência efetiva de motor auxiliar irão emitir muito mais GEE para a atmosfera – foi o caso dos navios de passageiros (*passengers ships*), no verão.

A estimativa realizada para o porto do Rio de Janeiro a partir da ferramenta de um inventário de emissões, também demonstrou a importância da verificação das quantidades de CO₂, lançadas para a atmosfera pelo modal marítimo, visando a sustentabilidade portuária eficiente.

Outrossim, as análises para o porto no Rio de Janeiro, evidenciaram as características e aspectos das movimentações das embarcações, particularmente nessa zona portuária. Tais especificidades devem ser observadas para a implementação de estratégias de gestão, que,

inclusive, podem e devem ser ampliadas para outros portos, a nível nacional, a partir da determinação das circunstâncias e prioridades particulares de cada local.

Sendo complexas as estruturas e os mecanismos que regem a indústria naval e o transporte marítimo, devido à sua natureza internacional, opiniões diferentes parecem existir entre os Estados membros da IMO, sobre como proceder com relação à mitigação de GEE. Dessa forma, um consenso claro e objetivo sobre o que deve ser feito para efetivamente conter o CO₂ e outras emissões ainda vêm sendo apreciado. O Brasil tem tido uma participação de destaque na IMO, na liderança dos países em desenvolvimento, e conseguiu a aprovação de uma resolução que atendessem o princípio da “responsabilidade comum, mas diferenciada” (CBDR), prevista no Protocolo de Kyoto, da UNFCCC, visando o cumprimento do CBDR.

O fato é que alguma ação precisa ser tomada, com relativa urgência, devido aos níveis altíssimos de CO₂ na atmosfera em paralelo com as perspectivas de crescimento do setor marítimo no Brasil, mas, se houver cooperação, o objetivo certamente poderá ser alcançado.

Alcançar um patamar de sustentabilidade portuária demandará esforços mútuos e interinstitucionais. Para esse objetivo comum, intervenções evidentes do setor público, como regulador e fiscalizador do sistema portuário; do setor privado, consciente e comprometido com seu papel socioambiental; e da sociedade, atenta às questões referentes ao cuidado, proteção e preservação do meio ambiente, devem ser colocadas em prática.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, recomenda-se estimar a emissão de CO₂ para as demais embarcações que trafegam na Baía de Guanabara, como as balsas de transporte de passageiros/carros/cargas da prestadora de serviços CCR Barcas, bem como rebocadores portuários, utilizados nas manobras de atracação e desatracação dos navios realizadas pelos Práticos. A análise das emissões referentes aos rebocadores portuários juntamente com o estudo da variação da emissão em relação ao carregamento dos motores dos navios proporcionaria a observação e aplicação, pelo pessoal da Praticagem, de manobras mais sustentáveis ao meio ambiente.

Também a adoção da estratégia de sustentabilidade através da implementação de conexões terra-bordo no Porto do Rio de Janeiro precisa ser melhor estudada na perspectiva de ser efetivamente utilizada.

Para contribuir com a concepção do conceito de “porto modelo” para o Porto do Rio de Janeiro, e, visando a antecipação de eventos ou fatores de mudança climática (aumento dos níveis de água, inundações, tempestades, precipitações, eventos climáticos extremos e riscos associados), recomenda-se o desenvolvimento de estudos meteorológicos relacionados à navegação na Baía de Guanabara, bem como o acompanhamento em tempo real por profissionais qualificados das condições de tempo locais.

REFERÊNCIAS

ACOMI, N.; ACOMI, O. C. **The influence of different types of marine fuel over the energy efficiency operational index.** Energy Procedia, v.59, p. 243-248, 2014.

AGUIAR, P. A. S., **A Organização Marítima Internacional e a Questão do Meio Ambiente: Perspectivas para o Desenvolvimento do Comércio Marítimo Nacional.** 2011. Dissertação. Escola Superior de Guerra. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO. **O Porto Verde: Modelo Ambiental Portuário.** ANTAQ. Brasília, 2011.

ANTAQ – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO. <<http://web.antaq.gov.br/Portal/pdf/Portos/2012/RioJaneiro.pdf>>. Acesso em: 08 de julho de 2016.

ANTAQ – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO. **Estatístico Aquaviário 2015.** Fevereiro/2016. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/PDF/Anuarios/ApresentacaoAnuario2015.pdf>>. Acesso em: 15 de outubro de 2016.

ANTAQ – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO. **Seminário Sustentabilidade Ambiental:** Comissão Coordenadora dos Assuntos da Organização Marítima Internacional (CCA-IMO) - Anexo VI MARPOL E BWM. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/Palestras/2015/2015_Seminario_Sustentabilidade_Ambiental/Painel1/04_Convencoes_IMO_Anexo_VI_MARPOL_BWM.pdf>. Acesso em: 20 de julho de 2016.

BARRY, Roger G.; CHORLEY, Richard J. **Atmosfera, tempo e clima.** 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BETTS, Richard A.; JONES, Chris.; KNIGHT, Jeff R.; KEELING, Ralph F. ; KENNEDY, John J. **Nature climate change commentary.** El Niño and a record CO₂ rise. Published online, 13 junho de 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil.** 2.ed, República Federativa do Brasil, 2014.

CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD PLANNING AND TECHNICAL SUPPORT DIVISION. **Emissions Estimation Methodology for Ocean-Going Vessels.** May 2008.

CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD PLANNING AND TECHNICAL SUPPORT DIVISION. **Emissions Estimation Methodology for Ocean-Going Vessels.** May 2011.

CAPITANIA DOS PORTOS DO RIO DE JANEIRO. **Norma Portuária para o Porto do Rio de Janeiro (NPCP-RJ),** 2012. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/cprj/npcp.html>>. Acesso em: 03 abr de 2016.

CARDOSO, R. M. M., **Contribuição do Balanço de Energia sobre Superfícies Urbanas no Desenvolvimento de Tempestades na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2010. Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

CISNEROS, J. C. M., **Redução dos Impactos Ambientais Causados por Emissões de Gases no Transporte Marítimo**. 2012. Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. São Paulo, 2012.

CHANG, Young-Tae; SONG, Younghun; ROH, Younghoon. Assessing greenhouse gas emissions from port vessel operations at the Port of Incheon. **Transportation Research Part D**. 25.1–4. 2013.

C. LE QUÉRÉ, R. Moriarty; ANDREW, R. M.; CANADELL, J. G.; SITCH, S.; KORSBAKKEN, J. I.; FRIEDLINGSTEIN P.; PETERS, G. P.; ANDRES, R. J.; BODEN, T. A.; HOUGHTON R. A.; HOUSE, J. I.; KEELING, R. F.; TANS, P.; ARNETH, A.; BAKKER, D. C. E.; BARBERO, L.; BOPP, L.; CHANG, J.; CHEVALLIER, F.; CHINI L. P.; CIAIS, P.; FADER, M.; FEELY, R. A.; GKRTZALIS, T.; HARRIS, I.; HAUCK, J.; ILYINA, T.; JAIN, A. K.; KATO, E.; KITIDIS, V.; GOLDEWIJK, K. KLEIN; KOVEN, C.; LANDSCHÜTZER, P.; LAUVSET, S. K.; LEFÈVRE, N.; LENTON, A.; LIMA, I. D.; METZL, N.; MILLERO, F.; MUNRO, D. R.; MURATA, A.; NABEL, J. E. M. S.; NAKAOKA, S.; NOJIRI, Y.; O'BRIEN, K.; OLSEN, A.; ONO, T.; PÉREZ, F. F.; PFEIL, B.; PIERROT, D.; POULTER, B.; REHDER, G.; RÖDENBECK C.; SAITO, S.; SCHUSTER, U.; SCHWINGER, J.; SÉFÉRIAN, R.; STEINHOFF, T.; STOCKER, B. D.; SUTTON, A. J.; TAKAHASHI, T.; TILBROOK B.; VAN DER LAAN-LUIJKX, I. T.; VAN DER WERF, G. R.; VAN HEUVEN, S.; VANDEMARK, D.; VIOVY, N.; WILTSHIRE, A.; ZAEHLE, S.; ZENG, N. Global Carbon Budget 2015. **Earth System Sci. Data**. 349–396. 2015.

COMPANHIA DOCAS DO RIO DE JANEIRO. **24ª Encontro dos Portos Organizados Sistema de Desempenho Portuário - Antaq**. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/Palestras/2015/2015_ReuniaoSDP/1_ApresentacaoInstitucionaldoPortodoRiodeJaneiro.pdf>. Acesso em: 03 de julho de 2016.

COMPANHIA DOCAS DO RIO DE JANEIRO. **Porto do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://www.portosrio.gov.br>>. Acesso em: 03 de julho de 2016.

COSTA, Antonio. **Tipologia e Classificação de Navios**, 2013. Disponível em: <https://transportemaritimoglobal.files.wordpress.com/2013/11/tipologia-de-navios_antonio-costa.pdf>. Acesso em: 01 Setembro 2016.

COOPER, David; GUSTAFSSON, Tomas. **Methodology for calculating emissions from ships. 1. Update of emission factors**. SMHI - Swedish Meteorological and Hydrological Institute. SMED&SLU nr 4. 2004.

CPRJ. Norma Portuária para o Porto do Rio de Janeiro (NPCP-RJ). Capitania dos Portos do Estado do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/cprj/npcp.html>>. Acesso em: 03 Abril 2016.

DALSØREN, S.B.; EIDE, M.; ENDRESEN, MJELDE, A.; GRAVIR, G.; ISAKSEN, I.S.A. Update on emissions and environmental impacts from the international fleet of ships: the

contribution from major ship types and ports. **Atmospheric Chemistry and Physics**, 9. pp. 2171–2194, 2009.

DPC – DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS. Marinha do Brasil. **CURSO VN/IN - MARPOL - ANEXOS III, IV, V, VI**. Gerência de Meio Ambiente. MARINHA DO BRASIL. 29 de agosto de 2013.

DHN – DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. Marinha do Brasil. **Carta náutica nº 1511** (Barra do Rio de Janeiro), 2000.

EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY – *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook*, 2007.

EMEP - EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook. Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories. EEA **Technical report No 9**. ISSN 1725-2237, 2009.

EMEP/CORINAIR – European Evaluation and Monitoring Program. **Inventory of Air Emissions Guide**. European Environment Agency, 2002.

ENCICLOPÉDIA ESCOLAR BRITANNICA. **Navio**. Disponível em: <<http://escola.britannica.com.br/article/482497/navio>>. Acesso em: Agosto 2016.

ENTEC UK. **Ships Emissions Inventory**. Final Report. ENTEC Defra. November, 2010.

ENTEC. **ENTEC, 2002**. Disponível em: <<https://graphics\transfer\06177-01 ec ship emissions\revisedtext 2\06177.02121.doc>>. Acesso em: 10 de julho de 2016.

ENTEC UK Limited - **Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community**. Final Report. July, 2002.

ENVIRON - International Corporation, **Commercial Marine Emission Inventory Development**, prepared for the U.S. Environmental Protection Agency, April 2002

EPA - *Environmental Protection Agency of the US*. **US-Mexico Cooperation on Reducing Emissions from Ships Through a Mexican Emission Control Area**, 2015.

EPA - *Environmental Protection Agency of the US*. **Proposal to designate an Emission Control Area for Nitrogen Oxides, Sulfur Oxides and Particulate Matter**. Technical Support Document. Assessment and Standards Division. Office of Transportation and Air Quality. EPA-420-R-10-013. August, 2010.

EPA - *Environmental Protection Agency of the US*. **Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories**. Final Report. April, 2009.

EPA – *Environmental Protection Agency of the U.S.- Mexico Cooperation on Reducing Emissions from Ships through a Mexican Emission Control Area: Development of the First National Mexican Emission Inventories for Ships Using the Waterway Network Ship Traffic, Energy, and Environmental Model (STEEM)* – EPA, 2015.

EYRING, Veronika; ISAKSEN, Ivar S.A.; BERNTSEN, Terje; COLLINS, William J.; CORBETT, James J. Corbett; ENDRESEN, Oyvind; GRAINGER, Roy G;

MOLDANOVA, Jana; SCHLAGER, Hans; STEVENSON, David S. Transport Impacts on Atmosphere and Climate: Shipping. **Atmospheric Environment** **44** (2010) 4735–4771.

GOVERNO DO RIO DE JANEIRO. SEA - Secretaria de Estado do Ambiente. Disponível em:

<http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo;jsessionid=4CB677861BF790318957FE003F7B64F7.lportal2?p_p_id=exibeconteudo_INSTANCE_aNc4&p_p_l>. Acesso em: 07 de julho de 2016.

HALL, L. **Sulphur Requirements in IMO Emission Control Areas**. Disponível em: <<http://www.shipownersclub.com/louise-hall-sulphur-requirements-imo-emission-control-areas/>>. Acesso em 02 de abril de 2016.

IAPH – **International Association of Ports and Harbors**. Disponível em: <<http://www.iaphworldports.org/>>. Acesso em 03 de abril de 2016.

IEAMBRJ. **Plano Estadual sobre Mudança do Clima**. Instituto Estadual do Meio Ambiente - Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2012.

IMO - ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL. **Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, 1973, Modificado pelo Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78)**. Londres: IMO, 2006.

IMO - ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL. Amendments to the IMO Guidelines on Ship Recycling (resolution A.962(23)). **IMO Resolution A.951(23)**. IMO, 2006.

IMO - ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL. Amendments to the International Convention for the Safety of Life at Sea 1974. **IMO Resolution MSC.99(73)**. IMO, 2000.

IMO - ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL. **Circ. 471/29 July 2005**. MEPC, 2005.

IMO - ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL. **Second IMO GHG Study 2009**. Londres: IMO, 2009.

IMO - ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL. **Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships**. Londres: IMO, 2000.

IMO - ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL. **Third IMO Greenhouse Gas Study**. Londres: IMO, 2014.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects**. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp. 2014.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management.** Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1996.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2006.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Summary for Policymakers In Climate Change 2007: The Physical Science Basis.** Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Summary for Policymakers In Climate Change: 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, 2014.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **The Physical Science Basis.** Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **The Scientific Basis.** Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2001,

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Report prepared for Intergovernmental Panel on Climate Change by Working Group I combined with Supporting Scientific Material** J.T. Houghton, B.A. Callander and S.K. Varney (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, New York, NY, USA, and Victoria, Australia 218 pp. 1992.

IPCC - National Greenhouse Gas Inventories Programs. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories.** IPCC, 2000.

JANG, Y. W.; PARK, I.; HA, S.; JANG, S.; CHUNG, K.; LEE, G.; KIM, W.; CHOI, Y. Preliminary Analysis of the Development of the Carbon Tracker system in Latin America and the Caribbean. *Atmósfera*. México, v. 27, n.1, 2014.

JOHNSTON, P. et al. Reclaiming the Definition do Sustainability. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 14, n. 1 p. 60-66, 2007.

JOSEPH, Joshy; PATIL, R. S.; GUPTA S. K. Estimation of air pollutant emission loads from construction and operational activities of a port and harbour in Mumbai, India. **Environment Monitoring Assess.** 159, 85-98, 2008.

KEENAN, T. F.; PRENTICE I. C.; CANADELL J. G.; WILLIAMS C. A.; WANG H.; RAUPACH M.; COLLATZ G. J. Recent pause in the growth rate of atmospheric CO₂ due to enhanced terrestrial carbon uptake. **Nature Communications.** v.7. n.13428. 2016.

KITZMAN, Dione; ASMUS, Milton. Gestão ambiental portuária: desafios e possibilidades. **RAP Rio de Janeiro**, 40 (6), 1041-60, nov/dez 2006.

KOLLAMTHODI, Sujith; PUEYO, Ana; GIBSON, Gena; NARKEVICIUTE, Rasa; HAWKES, Adam; CESBRON, Stephanie; MILNES, Robert; HARRIES, James; ZAMPARUTTI, Tony; HERNANDEZ, Guillermo ; KALTSOUNI, Styliani; VANCAUWENBERGH, Sophie; GOLDENMAN, Gretta ; PÅLSSON, Christopher; BENGTTSSON, Niklas; RYDBERGH, Torbjörn; NILSSON, Lennart; KRANTZ, Andreas ; WEBER, Kristina; SCARBROUGH, Tim; WHALL, Chris; GREEN, Chris; HILL, Jenny; LEE, Jin; NODEN, Richard; GREBOT, Ben; LINDSTAD, Haakon. **Support for the Impact Assessment of a Proposal to Address Maritime Transport Greenhouse.** European Commission - DG Climate Action. Ricardo-AEA/R/ED56985. 2013.

KONTOVAS, C.A; PSARAFTIS, H.N. **An Online Ship Emissions Calculator as a Decision-making Aid and Policy Evaluation Tool.** 13th Congress of Intl. Maritime Assoc. of Mediterranean. Stambul. Oct 2009.

KOUSKY, V.E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 3, p. 217-231, 1988.

LABTRANS. **Cooperação Técnica para apoio à SEP/PR no planejamento do setor portuário brasileiro e na implantação dos projetos de inteligência logística portuária. Plano Mestre. Porto do Rio de Janeiro.** Florianópolis – SC, Secretaria de Portos da Presidência da República – SEP/PR Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC Fundação de Ensino de Engenharia de Santa Catarina – FEESC Laboratório de Transportes e Logística – Labtrans). Junho de 2014 .

LACERDA, Sander Magalhães. NAVEGAÇÃO DE CABOTAGEM: REGULAÇÃO OU POLÍTICA INDUSTRIAL? **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 19, p. 49-66, mar. 2004.

LACIS, Andrew A.; SCHMIDT, Gavin A.; RUEDY, Reto A. **Atmospheric CO₂: Principal Control Knob Governing Earth's Temperature.** Science, 330, 15 Oct. 2010.

LIAO, Chun-Hsiung; TSENG, Po-Hsing; LU, Chin-Shan. The impact of an emerging port on the carbon dioxide emissions of inland container transport: An empirical study of Taipei port. **Energy Policy.** 38, 9, 5251-5257, sept, 2010.

LLOYD'S Register Engineering Services. **Marine Exhaust Emissions Research Program**, London, 1995.

MCARTHUR, David Philip; OSLAND, Liv. Ships in a city harbour: An economic valuation of atmospheric. **Transportation Research Part D.** 21. 47-52. 2013.

MACHADO, Pedro L. O. de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, 2005.

MARENCO, José A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 212 p.: il. color ; 21 cm. (Série Biodiversidade, v. 26). Brasília: MMA, 2006.

MARINHA DO BRASIL. **Tradições Navais**. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/content/tradicoesnavais0>>. Acesso em: 24 Agosto 2016.

MARINHA DO BRASIL. **Quem Somos**. Disponível em: <<https://www.ccaimo.mar.mil.br/sec-imo/quem-somos>>. Acesso em: 10 de julho de 2016.

MARPOL - **Convenção Internacional para a Prevenção da Contaminação pelos Navios 73/78**. Consolidated Edition 2011.

MARPOL – Convenção Internacional para a Prevenção da Contaminação pelos Navios 73/78. **Regras Para A Prevenção Da Poluição Por Óleo**. Disponível em: <[http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)> Acesso em: 02 de abril de 2016.

MARPOL. Convenção Internacional para a Prevenção da Contaminação pelos Navios 73/78. Disponível em: <[http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)> Acesso em: 02 de abril de 2011.

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Nova metodologia para cálculo das emissões de gases**. Disponível em: <www.mcti.gov.br>. Acesso em: 05 Maio 2016.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Nova metodologia para cálculo das emissões de gases**. Disponível em: <www.mcti.gov.br>. Acesso em: 05 de maio de 2016.

MENDONÇA, M. **Eficiência Energética para Navios**. *Syndarma*. Disponível em: <http://www.syndarma.org.br/upload/Efici_ncia%20Energ_tica%20para%20Navios_ri_ginal%20.pdf> . Acesso em 02 de maio de 2016.

MERK, Olaf. Shipping Emission in Ports. **International Transport Forum**. Paris-France, Dezembro 2014.

MIOLA, Apollonia; CIUFFO, Biagio; GIOVINE, Emiliano; MARRA, Marleen. **Regulating air emissions from ships: The state of the art on methodologies, technologies and policy options**. European Commission. EUR 24602 EN. Nov. 2010.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 25 de julho de 2016.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Protocolo de Kyoto**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto>>. Acesso em: 25 de julho de 2016.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Convenção das Nações Unidas**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas>>. Acesso em: 25 de julho de 2016.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **MMA_GOV**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas>>. Acesso em: 25 de julho de 2016.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional sobre Mudança do Clima**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima>>. Acesso em: 25 de julho de 2016.

MURPHY, A.J.; LANDAMORE, M. J.; PAZOUKI, K.; GIBSON, M. **Modeling Ship Emission Factors and Emission Indices**. Low Carbon Shipping Conference. London. 2013.

MURPHY, Tom. **The Need to Reduce Marine Shipping Emissions**: A Santa Barbara County Case Study. Santa Barbara County: Air Pollution Control District, nov. 2005.

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. Earth System Research Laboratory. Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/carbontracker/>>. Acesso em: 03 de junho de 2016.

NSW EPA – NSW Environment Protection Authority. **Emissions from ships operating in the Greater Metropolitan Area**. NSW EPA Ship Emissions Study. 1K2V16P-6. 06 June 2015.

ONOHARA, A. **Eficiência Energética a “Ver Navios”**. Disponível em: <<http://www.ambientelegal.com.br/eficiencia-energetica-a-ver-navios/>>. Acesso em: 03 de abril de 2016.

PACHECO, M. R. P. S.; HELENE, M. E. M., Atmosfera, Fluxos de Carbono e Fertilização por CO₂, **Estudos Avançados**, v. 4, n. 9, p. 204-220, São Paulo, 1990.

POLB – Site oficial do Porto de Long Beach/Califórnia. USA. Disponível em: <<http://polb.com/environment/air/shorepower.asp>>. Acesso em: 26 de junho de 2017.

PSARAFTIS, Harilaos N.; KONTOVAS, Christos A. CO₂ Emission Statistics for the World Commercial Fleet. **WMU Journal of Maritime Affairs**. 2009.

PSARAFTIS, Harilaos N.; KONTOVAS, Christos A.; KAKALIS, Nikolaos M. P. **SPEED REDUCTION AS AN EMISSIONS REDUCTION MEASURE**. 10th International Conference on Fast Sea Transportation. Athens: Greece, oct. 2009.

PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Mitigação das mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 3 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Bustamante, M. M.

C., Rovere E.L.L, (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 463 pp., 2014.

PEDERSEN, M. F. **International**: IMO Marine Engine Regulations. Disponível em: <www.dieselnets.com/standards/inter/imo.php>. Acesso em 02 de abril de 2016.

PETROBRAS. **Combustíveis Marítimos_Informações Técnicas Versão 1.1**. www.petrobras.com.br, 2013. Disponível em: <<http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciaticnica/public/downloads/manual-tecnico-combustiveis-maritimos-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>>. Acesso em: 03 de agosto de 2016.

PIMENTEL, Luiz Cláudio Gomes; MARTON, SILVA, Edilson Mauricio Soares da Pedro. Caracterização do regime de vento em superfície na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Journal Eng Sanit Ambient** | v.19 n.2 121-132, abr/jun 2014.

PONTES, Anselmo de S. Avaliação do impacto das emissões atmosféricas provenientes das atividades portuárias sobre a qualidade do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro. 2015. 318 f. Dissertação (Mestrado). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2015.

PROJETO MEGACIDADES. **Vulnerabilidades e Mudanças Climáticas**. Centro de Ciência do Sistema Terrestre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. CST/INPE. Núcleo de Estudos de População da Universidade de Campinas | Nepo/Unicamp Relatório Região Metropolitana do Rio de Janeiro Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro. I GEO/UFRJ. Fevereiro, 2011.

ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Future Ship Powering Options: Exploring alternative methods of ship propulsion**. Londres, 2013.

RUSSAR, J. A. M. **Panorama de atores e iniciativas no Brasil sobre Mudanças do Clima**. São Lourenço da Serra. 2008.

RUTKOWSKI, G. Study of New Generation LNG Dual Fuel Marine Propulsion Green Technologies, 2016. **The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation – TRANSSNAV**. Vol 10. Número 4, 2016.

SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS. Disponível em: <<http://www.schneider-electric.co.uk/medias/solutions/downloads/shore-connection-solutions-brochure.pdf>> Acesso em: 26 de junho de 2017.

SANTOS, J. L; LOMBARDO, M. A. Processo produtivo e poluição térmica: uma proposta de estudo de clima urbano para áreas industriais. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada** – 05 a 09 de setembro de 2005 – USP.

SARDINHA, Álvaro. **Poluição e o Transporte Marítimo**. Lisboa: Coleção Mar Fundamental, 2013.

SILVA, Wanderson Luiz; DERECZYNSKI Claudine Pereira. Caracterização Climatológica e Tendências Observadas em Extremos Climáticos no Estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências** - UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 37 - 2 p. 123-138. / 2014.

SILVA, J. E. C. **Escola Náutica Infante D. Henrique Tecnologia Marítima - Características e Elementos do Navio**. [S.l.]: [s.n.], 2007.

SOLOMON, D. Bailey. Pollution prevention at ports: clearing the air. **Environmental Impact Assessment Review**, 24 (2004), pp. 749–774, 2004.

SONG, Su. Ship Emissions Inventory, Social Cost and Eco-Efficiency in Shanghai, Yangshan Port. **Atmospheric Environment**. 88, 188-297. 2014.

SOUSA, F. B. B.; KARAM H. Análise da Estrutura Termodinâmica Associada ao Desenvolvimento de Tempestade Ocorrida entre 17 e 18 de Março de 2013 no Estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. p. 17-26. Vol. 37 – 1, 2014.

STARCREST CONSULTING GROUP, LLC. **Port of Long Beach - 2009 Air Emissions Inventory**. Junho, 2010.

STARCREST CONSULTING GROUP, LLC. **Port of Long Beach - 2015 Air Emissions Inventory**. Julho, 2016.

TOLENTINO E ROCHA-FILHO, QUÍMICA NOVA NA ESCOLA Química no Efeito Estufa N° 8, NOVEMBRO 1998.

TZANNATOS, Ernestos. Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus - Greece. **Atmospheric Environment**. 44. 400-407. 2010.

UNCTAD. **World Investment Report 2015**. Disponível em: <http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/wir2015_overview_en.pdf>. Acesso em: 29 de janeiro de 2017

VARGAS, R.; YÉPEZ, E. A.; ANDRADE, J. L.; ÁNGELES, G.; ARREDONDO, T.; CASTELLANOS, A. E.; DELGADOBALBUENA, J.; GARATUZAPAYÁN, J.; GONZÁLEZ DEL CASTILLO, E.; OECHEL, W.; RODRÍGUEZ, J. C.; SÁNCHEZAZOFEIFA, A.; VELASCO, E.; VIVONE, E. R.; WATTS, C. Progress and Opportunities for Monitoring Greenhouse Gases Fluxes in Mexican Ecosystems: the MexFlux network. **Atmósfera**. México, v. 26, n. 3, 2013.

VIANELLO, R. L.; MAIA, L. F. P. G. Estudo preliminar da climatologia dinâmica do estado de Minas Gerais. **Revista Informe Agropecuário**, v. 12, n. 138, p. 6 – 8. 1986.

VILLALBA, G.; GEMECHU, E. D. Estimating GHG Emissions of Marine Ports – the case of Barcelona. **Energy Policy**, v. 39, p. 1363-1368, 2011.

WALKER, T. R. Green Marine: An Environmental Program to Establish Sustainability in Marine Transportation. **Marine Pollution Bulletin**. 105. 199-207. 2016.

WINKEL, R.; WEDDIGE, U.; JOHNSEN, D.; HOEN, V.; PAPAETHYMIU, G. **Potential for Shore Side Electricity in Europe – Final Report**, 2015. TRANL14441.

WINNES, Hulda; STYHRE, Linda; FRIDELL, Erik. Reducing GHG emissions from ships in port areas. **Research in Transportation Business and Management**. 17. 73-82. Nov 2015.

WOODYARD, Doug. **Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines**. 8a Edição, 2004.

APÊNDICE A

Extrato de inventário de navios (verão) - Estimativa de emissão de CO₂ para o modo operacional de manobra (considerando o motor principal das embarcações).

Apêndice A - Extrato de inventário de navios (verão) - Estimativa de emissão de CO2 para o modo operacional de manobra (considerando o motor principal das embarcações)

	NAVIO	TIPO DA EMBARCAÇÃO	INÍCIO		TÉRMINO		MANOBRAS	DE	PARA	TEMPO DE MANOBRAS (h)	PORTE BRUTO (t)	POTÊNCIA EFETIVA MÉDIA	FATOR DE CARGA (LF)	FATOR DE EMISSÃO (gCO2 / kWh)	TOTAL DE EMISSÕES CO2 (t)	TOTAL DE EMISSÕES CO2 (g)
1	KELLY ANN CANDIES	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	00:20	01/12/2014	01:20	MUDANÇA	A11	LARGO	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00
2	DEEPTIM BRASIL II	WELL STIMULATION VESSEL	01/12/2014	01:00	01/12/2014	01:40	ENTRADA		LARGO	0,67	N/A	3.782,00	0,2	660	0,33	332.816,00
3	ACACIA RUBRA	TANKER	01/12/2014	02:50	01/12/2014	04:15	ENTRADA		A13	1,42	6.065,00	3.134,00	0,2	660	0,59	586.058,00
4	NORMAND MASTER	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	04:25	01/12/2014	05:10	SAÍDA	SIDERURG2		0,75	N/A	4.560,00	0,2	660	0,45	451.440,00
5	SYDNEY	CONTAINER SHIP	01/12/2014	04:30	01/12/2014	06:20	ENTRADA		TECONT3	1,83	43.093,00	21668	0,2	660	5,24	5.243.656,00
6	STARNAV PERSEUS	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	07:30	01/12/2014	08:30	ENTRADA		CCPN	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00
7	BRAM BRASÍLIA	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	07:35	01/12/2014	08:30	ENTRADA		LARGO	0,92	N/A	4.560,00	0,2	660	0,55	551.760,00
8	C-EXPRESS	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	08:00	01/12/2014	09:00	ENTRADA		LARGO	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00
9	ZENITH	PASSENGERS SHIP	01/12/2014	08:15	01/12/2014	09:30	ENTRADA		A1	1,25	4.915,00	19.479,00	0,2	660	3,21	3.214.035,00
10	ELKA NIKOLAS	CHEMICAL TANKER	01/12/2014	08:50	01/12/2014	09:50	SAÍDA	PS1		1,00	44.788,00	9398	0,2	660	1,24	1.240.536,00
11	WORLD SAPPHIRE	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	09:00	01/12/2014	10:00	SAÍDA	A16		1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00
12	WATERBUCK	OFFSHORE TUG	01/12/2014	09:00	01/12/2014	09:40	ENTRADA		LARGO	0,67	N/A	4.560,00	0,2	660	0,40	401.280,00
13	MSC MAGNIFICA	PASSENGERS SHIP	01/12/2014	09:30	01/12/2014	11:10	ENTRADA		ESMAPA	1,67	9.429,00	52.920,00	0,2	660	11,64	11.642.400,00
14	SIEM EMERALD	OFFSHORE TUG	01/12/2014	09:40	01/12/2014	10:40	ENTRADA		LARGO	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00
15	AGGELOS B	BULK CARRIER	01/12/2014	10:30	01/12/2014	11:50	SAÍDA	AF 8		1,33	58.480,00	8922	0,2	660	1,57	1.570.272,00
16	TAMINA	CONTAINER SHIP	01/12/2014	10:30	01/12/2014	11:20	SAÍDA	TECONT1		0,83	68.228,00	55592	0,2	660	6,12	6.115.120,00
17	NYK JOANNA	CONTAINER SHIP	01/12/2014	11:20	01/12/2014	12:20	ENTRADA		TECONT1	1,00	34.532,00	21668	0,2	660	2,86	2.860.176,00
18	SEA HALIBUT	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	11:30	01/12/2014	13:10	MUDANÇA	DEMAPE2	LARGO	1,67	N/A	4.560,00	0,2	660	1,00	1.003.200,00
19	CHEMBULK GIBRALTAR	CHEMICAL TANKER	01/12/2014	12:30	01/12/2014	13:35	SAÍDA	ESSO		1,08	20.601,00	5833	0,2	660	0,83	834.119,00
20	MIYSTRAS	BULK CARRIER	01/12/2014	13:00	01/12/2014	13:45	SAÍDA	VISITA		0,75	57.300,00	8922	0,2	660	0,88	883.278,00
21	DEEP STIM BRASIL I	WELL STIMULATION VESSEL	01/12/2014	13:00	01/12/2014	13:35	SAÍDA	AF 6 OESTE		0,58	N/A	3.782,00	0,2	660	0,29	291.214,00
22	FAR SENATOR	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	13:05	01/12/2014	14:15	ENTRADA		NITPORTOS	1,17	N/A	4.560,00	0,2	660	0,70	702.240,00
23	SYDNEY	CONTAINER SHIP	01/12/2014	13:30	01/12/2014	15:15	SAÍDA	TECONT3		1,75	43.093,00	21668	0,2	660	5,01	5.005.308,00
24	AQUAJJOY	BULK CARRIER	01/12/2014	13:45	01/12/2014	14:30	ENTRADA		VISITA	0,75	171.009,00	16402	0,2	660	1,62	1.623.798,00
25	NILZA	TANKER	01/12/2014	14:30	01/12/2014	15:50	SAÍDA	PS2		1,33	17.754,00	6.325,00	0,2	660	1,11	1.113.200,00
26	BBC MAINE	GENERAL CARGO	01/12/2014	14:45	01/12/2014	15:45	MUDANÇA	SIDERURG1	TECONT2	1,00	12.792,00	3405	0,2	660	0,45	449.460,00
27	EIT PALMINA	GENERAL CARGO	01/12/2014	15:00	01/12/2014	15:50	SAÍDA	A9		0,83	9.490,00	3405	0,2	660	0,37	374.550,00
28	GENCO PROGRESS	BULK CARRIER	01/12/2014	15:15	01/12/2014	16:05	SAÍDA	A8.9		0,83	31.009,00	6637	0,2	660	0,73	730.070,00
29	SIEM PEARL	OFFSHORE TUG	01/12/2014	15:15	01/12/2014	16:15	SAÍDA	AF 6 OESTE		1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00
30	CMM GRAVITY	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	15:30	01/12/2014	16:30	SAÍDA	AF 6 OESTE		1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00
31	UP PEARL	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	15:30	01/12/2014	16:30	MUDANÇA	LARGO	DEMAPEZ	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00
32	ALESSANDRO VOLTA	BULK CARRIER	01/12/2014	16:40	01/12/2014	17:40	SAÍDA	I COMPRIDA		1,00	76.806,00	10384	0,2	660	1,37	1.370.688,00
33	MARLIN	TANKER	01/12/2014	18:30	01/12/2014	20:00	ENTRADA		TERM.OLEO	1,50	46.145,00	8.570,00	0,2	660	1,70	1.696.860,00
34	ZENITH	PASSENGERS SHIP	01/12/2014	18:50	01/12/2014	19:50	SAÍDA	A1		1,00	4.915,00	19.479,00	0,2	660	2,57	2.571.228,00
35	DEEPTIM BRASIL II	WELL STIMULATION VESSEL	01/12/2014	19:30	01/12/2014	20:50	MUDANÇA	LARGO	NITPORTOS	1,33	N/A	3.782,00	0,2	660	0,67	665.632,00
36	SÃO LUIZ	BULK CARRIER	01/12/2014	21:30	01/12/2014	23:00	SAÍDA	PP1		1,50	42.815,00	8922	0,2	660	1,77	1.766.556,00
37	CALAMITY JANE	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	21:50	01/12/2014	22:45	SAÍDA	LARGO		0,92	N/A	4.560,00	0,2	660	0,55	551.760,00
38	NYK JOANNA	CONTAINER SHIP	01/12/2014	23:20	02/12/2014	00:20	SAÍDA	TECONT1		1,00	34.532,00	21668	0,2	660	2,86	2.860.176,00
39	WORLD PERIDOT	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	23:30	02/12/2014	00:00	SAÍDA	LARGO		0,50	N/A	4.560,00	0,2	660	0,30	300.960,00
40	MSC MAGNIFICA	PASSENGERS SHIP	02/12/2014	00:05	02/12/2014	00:59	SAÍDA	ESMAPA		0,90	9.429,00	52.920,00	0,2	660	6,29	6.286.896,00
41	BBC NORDLAND	GENERAL CARGO	02/12/2014	01:00	02/12/2014	01:55	ENTRADA		A9	0,92	7.598,00	3405	0,2	660	0,41	412.005,00
42	E.R. HAUGESUND	OFFSHORE SUPPLY	02/12/2014	04:00	02/12/2014	04:50	ENTRADA		LARGO	0,83	N/A	4.560,00	0,2	660	0,50	501.600,00
43	BRAM ATLAS	OFFSHORE SUPPLY	02/12/2014	05:00	02/12/2014	06:00	ENTRADA		LARGO	1,00	4.988,00	26.392,00	0,2	660	3,48	3.483.744,00
44	C-EXPRESS	OFFSHORE SUPPLY	02/12/2014	05:45	02/12/2014	06:30	SAÍDA	LARGO		0,75	N/A	4.560,00	0,2	660	0,45	451.440,00
45	SKANDI IGUACU	OFFSHORE TUG	02/12/2014	06:00	02/12/2014	07:30	ENTRADA		SIDERURG2	1,50	4.700,00	20.589,80	0,2	660	4,08	4.076.780,40
46	EEMS TRANSPORTER	GENERAL CARGO	02/12/2014	06:00	02/12/2014	07:00	ENTRADA		LARGO	1,00	2.900,00	1180	0,2	660	0,16	155.760,00
47	MAERSK BOULDER	OFFSHORE TUG	02/12/2014	06:35	02/12/2014	07:40	ENTRADA		LARGO	1,08	N/A	4.560,00	0,2	660	0,65	652.080,00
48	MSC LIRICA	PASSENGERS SHIP	02/12/2014	07:00	02/12/2014	08:00	ENTRADA		ESMAPA	1,00	6.563,00	19.479,00	0,2	660	2,57	2.571.228,00
49	BBC MAINE	GENERAL CARGO	02/12/2014	07:30	02/12/2014	09:00	SAÍDA	TECONT2		1,50	12.792,00	3405	0,2	660	0,67	674.190,00
50	SKANDI PEREGRINO	OFFSHORE TUG	02/12/2014	08:00	02/12/2014	09:00	ENTRADA		BRASCO 1	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00
51	WILLIAM C. O'MALLEY	OFFSHORE SUPPLY	02/12/2014	09:30	02/12/2014	10:30	ENTRADA		SIDERURG2	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00
52	MAERSK LANCER	OFFSHORE TUG	02/12/2014	10:30	02/12/2014	11:30	ENTRADA		LARGO	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00
53	EEMS TRAVELLER	GENERAL CARGO	02/12/2014	10:40	02/12/2014	11:50	SAÍDA	AF 6 OESTE		1,17	2.900,00	1180	0,2	660	0,18	181.720,00

APÊNDICE B

Extrato de inventário de navios (verão) - Estimativa de emissão de CO₂ para o modo operacional de manobra (considerando os motores auxiliares das embarcações).

Apêndice B - Extrato de inventário de navios (verão) - Estimativa de emissão de CO2 para o modo operacional de manobra (considerando os motores auxiliares das embarcações)

ID	NAVIO	TIPO DA EMBARCAÇÃO	INÍCIO		TÉRMINO		MANOBRA	DE	PARA	TEMPO DE MANOBRA (h)	PORTE BRUTO (t)	POTÊNCIA EFETIVA MÉDIA	FATOR DE CARGA (LF)	FATOR DE EMISSÃO (gCO2 / kWh)	TOTAL DE EMISSÕES CO2 (t)	TOTAL DE EMISSÕES CO2 (g)
			01/12/2014	00:20	01/12/2014	01:20										
1	KELLY ANN CANDIES	OFFSHORE SUPPLY	01/12/2014	00:20	01/12/2014	01:20	MUDANÇA	A11	LARGO	1,00	N/A	117,00	1	690	0,08	80.730,00
15	AGGELOS B	BULK CARRIER	01/12/2014	10:30	01/12/2014	11:50	SAÍDA	AF 8		1,33	58.480,00	822	1	690	0,76	756.240,00
20	MIYSTRAS	BULK CARRIER	01/12/2014	13:00	01/12/2014	13:45	SAÍDA	VISITA		0,75	57.300,00	822	1	690	0,43	425.385,00
24	AQUAJJOY	BULK CARRIER	01/12/2014	13:45	01/12/2014	14:30	ENTRADA		VISITA	0,75	171.009,00	1223	1	690	0,63	632.902,50
28	GENCO PROGRESS	BULK CARRIER	01/12/2014	15:15	01/12/2014	16:05	SAÍDA	A8.9		0,83	31.009,00	822	1	690	0,47	472.650,00
32	ALESSANDRO VOLTA	BULK CARRIER	01/12/2014	16:40	01/12/2014	17:40	SAÍDA	I COMPRIDA		1,00	76.806,00	822	1	690	0,57	567.180,00
36	SÃO LUIZ	BULK CARRIER	01/12/2014	21:30	01/12/2014	23:00	SAÍDA	PP1		1,50	42.815,00	822	1	690	0,85	850.770,00
56	AQUAJJOY	BULK CARRIER	02/12/2014	14:00	02/12/2014	14:30	SAÍDA	VISITA		0,50	171.009,00	1223	1	690	0,42	421.935,00
59	POLLUX STAR	BULK CARRIER	02/12/2014	15:40	02/12/2014	16:45	ENTRADA		VISITA	1,08	57.982,00	822	1	690	0,61	614.445,00
68	NBA MONET	BULK CARRIER	03/12/2014	02:00	03/12/2014	02:40	SAÍDA	FEITICEIRA		0,67	82.099,00	822	1	690	0,38	378.120,00
80	CONDOR ARROW	BULK CARRIER	03/12/2014	10:00	03/12/2014	12:15	ENTRADA		A11	2,25	62.980,00	822	1	690	1,28	1.276.155,00
83	ARUNA ISMAIL	BULK CARRIER	03/12/2014	11:30	03/12/2014	12:15	ENTRADA		FEITICEIRA	0,75	55.484,00	822	1	690	0,43	425.385,00
108	DYNASTY XIA	BULK CARRIER	04/12/2014	00:30	04/12/2014	01:45	SAÍDA	A8.9		1,25	56.629,00	822	1	690	0,71	708.975,00
114	BRAZTRANS 1	BULK CARRIER	04/12/2014	05:45	04/12/2014	07:30	MUDANÇA	XARÉU	TECONT1	1,75	38.186,00	822	1	690	0,99	992.565,00
128	SHIN YO	BULK CARRIER	04/12/2014	11:50	04/12/2014	12:40	SAÍDA	VISITA		0,83	76.863,00	822	1	690	0,47	472.650,00
130	BRAZTRANS 1	BULK CARRIER	04/12/2014	12:15	04/12/2014	13:15	SAÍDA	TECONT1		1,00	38.186,00	822	1	690	0,57	567.180,00
133	BRIGHT PEGASUS	BULK CARRIER	04/12/2014	13:35	04/12/2014	14:30	ENTRADA		VISITA	0,92	82.165,00	822	1	690	0,52	519.915,00
139	POLLUX STAR	BULK CARRIER	04/12/2014	17:45	04/12/2014	19:00	SAÍDA	VISITA		1,25	57.982,00	822	1	690	0,71	708.975,00
143	CONDOR ARROW	BULK CARRIER	04/12/2014	19:25	04/12/2014	20:10	SAÍDA	A11		0,75	62.980,00	822	1	690	0,43	425.385,00
151	BRIGHT PEGASUS	BULK CARRIER	05/12/2014	04:45	05/12/2014	05:30	SAÍDA	VISITA		0,75	82.165,00	822	1	690	0,43	425.385,00
154	ARUNA ISMAIL	BULK CARRIER	05/12/2014	06:00	05/12/2014	07:00	SAÍDA	FEITICEIRA		1,00	55.484,00	822	1	690	0,57	567.180,00
170	ATLANTIC DREAM	BULK CARRIER	05/12/2014	16:00	05/12/2014	16:50	SAÍDA	A6		0,83	28.515,00	822	1	690	0,47	472.650,00
338	GENCO RELIANCE	BULK CARRIER	10/12/2014	20:00	10/12/2014	21:45	ENTRADA		A9	1,75	29.952,00	822	1	690	0,99	992.565,00
363	EXPLORER	BULK CARRIER	11/12/2014	09:00	11/12/2014	10:00	ENTRADA		LARGO	1,00	34.148,00	822	1	690	0,57	567.180,00
376	MIMOSA K	BULK CARRIER	11/12/2014	21:00	11/12/2014	22:20	MUDANÇA	RNVCALDERA	AF 8	1,33	46.930,00	822	1	690	0,76	756.240,00
399	ORE PANTANAL	BULK CARRIER	12/12/2014	17:30	12/12/2014	18:25	ENTRADA		VISITA	0,92	179.385,00	1223	1	690	0,77	773.547,50
415	VENTO	BULK CARRIER	13/12/2014	05:00	13/12/2014	06:00	ENTRADA		VISITA	1,00	26.477,00	822	1	690	0,57	567.180,00
439	VENTO	BULK CARRIER	13/12/2014	18:00	13/12/2014	19:00	SAÍDA	VISITA		1,00	26.477,00	822	1	690	0,57	567.180,00
474	GENCO RELIANCE	BULK CARRIER	14/12/2014	22:00	14/12/2014	23:00	SAÍDA	A9		1,00	29.952,00	822	1	690	0,57	567.180,00
517	ORE PANTANAL	BULK CARRIER	16/12/2014	07:35	16/12/2014	08:20	SAÍDA	VISITA		0,75	179.385,00	1223	1	690	0,63	632.902,50
552	ATLANTIC DREAM	BULK CARRIER	17/12/2014	03:55	17/12/2014	05:20	ENTRADA		T.TRIG05.6	1,42	28.515,00	822	1	690	0,80	803.505,00
625	FORCE RANGER	BULK CARRIER	18/12/2014	18:25	18/12/2014	19:25	ENTRADA		FEITICEIRA	1,00	45.950,00	822	1	690	0,57	567.180,00
641	FORCE RANGER	BULK CARRIER	19/12/2014	06:00	19/12/2014	06:50	SAÍDA	FEITICEIRA		0,83	45.950,00	822	1	690	0,47	472.650,00
643	UNITED OCEAN	BULK CARRIER	19/12/2014	06:35	19/12/2014	08:00	ENTRADA		VISITA	1,42	81.918,00	822	1	690	0,80	803.505,00
650	MIMOSA K	BULK CARRIER	19/12/2014	08:30	19/12/2014	10:00	SAÍDA	AF 8		1,50	46.930,00	822	1	690	0,85	850.770,00
654	EXPLORER	BULK CARRIER	19/12/2014	13:00	19/12/2014	15:00	MUDANÇA	LARGO	RNVSAL	2,00	34.148,00	822	1	690	1,13	1.134.360,00
681	UNITED OCEAN	BULK CARRIER	20/12/2014	06:35	20/12/2014	07:30	SAÍDA	VISITA		0,92	81.918,00	822	1	690	0,52	519.915,00
688	ATLANTIC DREAM	BULK CARRIER	20/12/2014	13:00	20/12/2014	14:00	SAÍDA	T.TRIG05.6		1,00	28.515,00	822	1	690	0,57	567.180,00
759	SUNRISE SKY	BULK CARRIER	22/12/2014	13:05	22/12/2014	14:20	ENTRADA		A8.9	1,25	58.120,00	822	1	690	0,71	708.975,00
799	MV MARIA STAR	BULK CARRIER	23/12/2014	18:30	23/12/2014	19:20	ENTRADA		FEITICEIRA	0,83	41.499,00	822	1	690	0,47	472.650,00
833	MV MARIA STAR	BULK CARRIER	24/12/2014	20:00	24/12/2014	20:45	SAÍDA	FEITICEIRA		0,75	41.499,00	822	1	690	0,43	425.385,00
843	DUMUN	BULK CARRIER	25/12/2014	06:30	25/12/2014	07:45	ENTRADA		VISITA	1,25	58.107,00	822	1	690	0,71	708.975,00
853	CONDOR ARROW	BULK CARRIER	25/12/2014	12:05	25/12/2014	13:45	ENTRADA		A10	1,67	62.980,00	822	1	690	0,95	945.300,00
861	DUMUN	BULK CARRIER	25/12/2014	17:35	25/12/2014	18:20	SAÍDA	VISITA		0,75	58.107,00	822	1	690	0,43	425.385,00
873	C. ROYAL	BULK CARRIER	26/12/2014	09:00	26/12/2014	10:00	ENTRADA		VISITA	1,00	151.044,00	822	1	690	0,57	567.180,00
884	CONDOR ARROW	BULK CARRIER	26/12/2014	14:40	26/12/2014	15:55	SAÍDA	A10		1,25	62.980,00	822	1	690	0,71	708.975,00
894	C. ROYAL	BULK CARRIER	26/12/2014	23:25	27/12/2014	00:00	SAÍDA	VISITA		0,58	151.044,00	822	1	690	0,33	330.855,00
966	SUNRISE SKY	BULK CARRIER	29/12/2014	21:30	29/12/2014	22:30	MUDANÇA	A8.9	FEITICEIRA	1,00	58.120,00	822	1	690	0,57	567.180,00
967	VIPAVA	BULK CARRIER	29/12/2014	21:40	29/12/2014	23:20	ENTRADA		A8.9	1,67	46.570,00	822	1	690	0,95	945.300,00
968	EVA	BULK CARRIER	29/12/2014	23:35	30/12/2014	00:20	SAÍDA	RNVGUIL		0,75	82.620,00	822	1	690	0,43	425.385,00
980	NAVIOS SOLEIL	BULK CARRIER	30/12/2014	07:45	30/12/2014	08:40	ENTRADA		VISITA	0,92	57.334,00	822	1	690	0,52	519.915,00
986	FEYHA	BULK CARRIER	30/12/2014	09:55	30/12/2014	11:35	ENTRADA		A9	1,67	33.671,00	822	1	690	0,95	945.300,00
1014	EMPRESS	BULK CARRIER	31/12/2014	05:50	31/12/2014	07:15	ENTRADA		A6	1,42	151.628,00	822	1	690	0,80	803.505,00

APÊNDICE C

Extrato de inventário de navios (verão) - Estimativa de emissão de CO₂ para o modo operacional *hotelling* (considerando os motores auxiliares das embarcações).

Apêndice C - Extrato de inventário de navios (verão) - Estimativa de emissão de CO2 para o modo operacional *hotelling* (considerando os motores auxiliares das embarcações)

	NAVIO	TIPO DA EMBARCAÇÃO	INÍCIO		TÉRMINO		MANOBR	DE	PARA	TEMPO HOTELLING (h)	PORTE BRUTO (t)	POTÊNCIA EFETIVA MÉDIA (kw)	FATOR DE CARGA (LF)	FATOR DE EMISSÃO (gCO2 / kWh)	TOTAL DE EMISSÕES CO2 (t)	TOTAL DE EMISSÕES CO2 (g)
15	AGGELOS B	BULK CARRIER	01/12/2014	10:30	01/12/2014	11:50	SAÍDA	AF 8		0,00	58.480,00	313	1	690	0,00	0,00
32	ALESSANDRO VOLTA	BULK CARRIER	01/12/2014	16:40	01/12/2014	17:40	SAÍDA	I COMPRIDA		0,00	76.806,00	313	1	690	0,00	0,00
1875	ANNA BO	BULK CARRIER	24/01/2015	06:40	24/01/2015	08:10	ENTRADA		VISITA	0,00	56.720,00	313	1	690	0,00	0,00
1914	ANNA BO	BULK CARRIER	25/01/2015	13:25	25/01/2015	14:30	SAÍDA	VISITA		29,25	56.720,00	313	1	690	6,32	6.317.122,50
24	AQUAJJOY	BULK CARRIER	01/12/2014	13:45	01/12/2014	14:30	ENTRADA		VISITA	0,00	171.009,00	462	1	690	0,00	0,00
56	AQUAJJOY	BULK CARRIER	02/12/2014	14:00	02/12/2014	14:30	SAÍDA	VISITA		23,50	171.009,00	462	1	690	7,49	7.491.330,00
83	ARUNA ISMAIL	BULK CARRIER	03/12/2014	11:30	03/12/2014	12:15	ENTRADA		FEITICEIRA	0,00	55.484,00	313	1	690	0,00	0,00
154	ARUNA ISMAIL	BULK CARRIER	05/12/2014	06:00	05/12/2014	07:00	SAÍDA	FEITICEIRA		41,75	55.484,00	313	1	690	9,02	9.016.747,50
2215	ASIAN WIND	BULK CARRIER	03/02/2015	20:00	03/02/2015	20:55	ENTRADA		VISITA	0,00	29.083,00	313	1	690	0,00	0,00
2248	ASIAN WIND	BULK CARRIER	04/02/2015	17:45	04/02/2015	18:30	SAÍDA	VISITA		20,83	29.083,00	313	1	690	4,50	4.499.375,00
170	ATLANTIC DREAM	BULK CARRIER	05/12/2014	16:00	05/12/2014	16:50	SAÍDA	A6		0,00	28.515,00	313	1	690	0,00	0,00
552	ATLANTIC DREAM	BULK CARRIER	17/12/2014	03:55	17/12/2014	05:20	ENTRADA		T.TRIGOS.6	0,00	28.515,00	313	1	690	0,00	0,00
688	ATLANTIC DREAM	BULK CARRIER	20/12/2014	13:00	20/12/2014	14:00	SAÍDA	T.TRIGOS.6		79,67	28.515,00	313	1	690	17,21	17.205.610,00
114	BRAZTRANS 1	BULK CARRIER	04/12/2014	05:45	04/12/2014	07:30	MUDANÇA	XARÉU	TECONT1	0,00	38.186,00	313	1	690	0,00	0,00
130	BRAZTRANS 1	BULK CARRIER	04/12/2014	12:15	04/12/2014	13:15	SAÍDA	TECONT1		4,75	38.186,00	313	1	690	1,03	1.025.857,50
133	BRIGHT PEGASUS	BULK CARRIER	04/12/2014	13:35	04/12/2014	14:30	ENTRADA		VISITA	0,00	82.165,00	313	1	690	0,00	0,00
151	BRIGHT PEGASUS	BULK CARRIER	05/12/2014	04:45	05/12/2014	05:30	SAÍDA	VISITA		14,25	82.165,00	313	1	690	3,08	3.077.572,50
2224	BRILLIANT MOIRA	BULK CARRIER	04/02/2015	06:50	04/02/2015	08:40	ENTRADA		A9	0,00	28.384,00	313	1	690	0,00	0,00
2476	BRILLIANT MOIRA	BULK CARRIER	10/02/2015	19:30	10/02/2015	20:45	MUDANÇA	A9	AF 6 OESTE	154,83	28.384,00	313	1	690	33,44	33.439.355,00
2625	BRILLIANT MOIRA	BULK CARRIER	14/02/2015	20:30	14/02/2015	21:30	SAÍDA	AF 6 OESTE		95,75	28.384,00	313	1	690	20,68	20.679.127,50
873	C. ROYAL	BULK CARRIER	26/12/2014	09:00	26/12/2014	10:00	ENTRADA		VISITA	0,00	151.044,00	462	1	690	0,00	0,00
894	C. ROYAL	BULK CARRIER	26/12/2014	23:25	27/12/2014	00:00	SAÍDA	VISITA		13,42	151.044,00	462	1	690	4,28	4.276.965,00
2664	CENTURION	BULK CARRIER	15/02/2015	19:45	15/02/2015	20:25	ENTRADA		FEITICEIRA	0,00	76.838,00	313	1	690	0,00	0,00
2685	CENTURION	BULK CARRIER	16/02/2015	13:10	16/02/2015	13:35	SAÍDA	FEITICEIRA		16,75	76.838,00	313	1	690	3,62	3.617.497,50
80	CONDOR ARROW	BULK CARRIER	03/12/2014	10:00	03/12/2014	12:15	ENTRADA		A11	0,00	62.980,00	313	1	690	0,00	0,00
143	CONDOR ARROW	BULK CARRIER	04/12/2014	19:25	04/12/2014	20:10	SAÍDA	A11		31,17	62.980,00	313	1	690	6,73	6.731.065,00
853	CONDOR ARROW	BULK CARRIER	25/12/2014	12:05	25/12/2014	13:45	ENTRADA		A10	0,00	62.980,00	313	1	690	0,00	0,00
884	CONDOR ARROW	BULK CARRIER	26/12/2014	14:40	26/12/2014	15:55	SAÍDA	A10		24,92	62.980,00	313	1	690	5,38	5.381.252,50
1209	CS DAISY	BULK CARRIER	06/01/2015	06:35	06/01/2015	08:00	ENTRADA		VISITA	0,00	56.971,00	313	1	690	0,00	0,00
1259	CS DAISY	BULK CARRIER	07/01/2015	08:00	07/01/2015	09:00	SAÍDA	VISITA		24,00	56.971,00	313	1	690	5,18	5.183.280,00
1375	DARLEAKAY	BULK CARRIER	10/01/2015	02:10	10/01/2015	03:10	ENTRADA		FEITICEIRA	0,00	58.000,00	313	1	690	0,00	0,00
1390	DARLEAKAY	BULK CARRIER	10/01/2015	12:20	10/01/2015	13:00	SAÍDA	FEITICEIRA		9,17	58.000,00	313	1	690	1,98	1.979.725,00
2355	DILIGENCE	BULK CARRIER	07/02/2015	09:00	07/02/2015	10:15	ENTRADA		VISITA	0,00	28.381,00	313	1	690	0,00	0,00
2381	DILIGENCE	BULK CARRIER	07/02/2015	23:10	07/02/2015	23:40	SAÍDA	VISITA		12,92	28.381,00	313	1	690	2,79	2.789.612,50
3026	DILIGENCE	BULK CARRIER	26/02/2015	23:05	27/02/2015	01:00	ENTRADA		A12	0,00	28.381,00	313	1	690	0,00	0,00
843	DUMUN	BULK CARRIER	25/12/2014	06:30	25/12/2014	07:45	ENTRADA		VISITA	0,00	58.107,00	313	1	690	0,00	0,00
861	DUMUN	BULK CARRIER	25/12/2014	17:35	25/12/2014	18:20	SAÍDA	VISITA		9,83	58.107,00	313	1	690	2,12	2.123.705,00
108	DYNASTY XIA	BULK CARRIER	04/12/2014	00:30	04/12/2014	01:45	SAÍDA	A8.9		0,00	56.629,00	313	1	690	0,00	0,00
1014	EMPRESS	BULK CARRIER	31/12/2014	05:50	31/12/2014	07:15	ENTRADA		A6	0,00	151.628,00	462	1	690	0,00	0,00
1048	EMPRESS	BULK CARRIER	31/12/2014	19:10	31/12/2014	20:15	MUDANÇA	A6	COPACABANA	11,92	151.628,00	462	1	690	3,80	3.798.795,00
1062	EMPRESS	BULK CARRIER	01/01/2015	01:15	01/01/2015	01:35	SAÍDA	COPACABANA		5,00	151.628,00	462	1	690	1,59	1.593.900,00
2638	EMPRESS	BULK CARRIER	15/02/2015	05:50	15/02/2015	07:05	ENTRADA		A8.9	0,00	151.628,00	462	1	690	0,00	0,00
2706	EMPRESS	BULK CARRIER	16/02/2015	23:50	17/02/2015	00:20	SAÍDA	A8.9		40,75	151.628,00	462	1	690	12,99	12.990.285,00
968	EVA	BULK CARRIER	29/12/2014	23:35	30/12/2014	00:20	SAÍDA	RNVGUIL		0,00	82.620,00	462	1	690	0,00	0,00
363	EXPLORER	BULK CARRIER	11/12/2014	09:00	11/12/2014	10:00	ENTRADA		LARGO	0,00	34.148,00	462	1	690	0,00	0,00
654	EXPLORER	BULK CARRIER	19/12/2014	13:00	19/12/2014	15:00	MUDANÇA	LARGO	RNVSAL	195,00	34.148,00	462	1	690	62,16	62.162.100,00
1339	EXPLORER	BULK CARRIER	09/01/2015	07:40	09/01/2015	08:20	MUDANÇA	RNVSAL	VISITA	496,67	34.148,00	462	1	690	158,33	158.327.400,00
1355	EXPLORER	BULK CARRIER	09/01/2015	16:35	09/01/2015	17:20	SAÍDA	VISITA		8,25	34.148,00	462	1	690	2,63	2.629.935,00
986	FEYHA	BULK CARRIER	30/12/2014	09:55	30/12/2014	11:35	ENTRADA		A9	0,00	33.671,00	313	1	690	0,00	0,00
1117	FEYHA	BULK CARRIER	03/01/2015	03:00	03/01/2015	04:30	SAÍDA	A9		87,42	33.671,00	313	1	690	18,88	18.879.377,50
625	FORCE RANGER	BULK CARRIER	18/12/2014	18:25	18/12/2014	19:25	ENTRADA		FEITICEIRA	0,00	45.950,00	313	1	690	0,00	0,00
641	FORCE RANGER	BULK CARRIER	19/12/2014	06:00	19/12/2014	06:50	SAÍDA	FEITICEIRA		10,58	45.950,00	313	1	690	2,29	2.285.682,50
2919	FORTUNE BIRD	BULK CARRIER	23/02/2015	21:20	23/02/2015	22:50	ENTRADA		A8.9	0,00	55.640,00	313	1	690	0,00	0,00

APÊNDICE D

Extrato de inventário de navios (inverno) - Estimativa de emissão de CO₂ para o modo operacional de manobra (considerando o motor principal das embarcações).

Apêndice D - Extrato de inventário de navios (inverno) - Estimativa de emissão de CO₂ para o modo operacional de manobra (considerando o motor principal das embarcações)

	NAVIO	TIPO DA EMBARCAÇÃO	INÍCIO		TÉRMINO		MANOBRA	DE	PARA	TEMPO DE MANOBRA (h)	PORTE BRUTO (t)	POTÊNCIA EFETIVA MÉDIA	FATOR DE CARGA (LF)	FATOR DE EMISSÃO (gCO ₂ / kWh)	TOTAL DE EMISSÕES CO ₂ (t)	TOTAL DE EMISSÕES CO ₂ (g)	
1	MAERSK LEADER	OFFSHORE SUPPLY	01/06/2015	01:10	01/06/2015	02:05	SAÍDA	SIDERURG2		0,92	4.721,00	7.680,00	0,2	660	0,93	929.280,00	
2	KAETHE C. RICKMERS	CONTAINER SHIP	01/06/2015	04:15	01/06/2015	05:25	ENTRADA		TECONT1	1,17	68.282,00	55.592,00	0,2	660	8,56	8.561.168,00	
3	TOISA CORAL	OFFSHORE SUPPLY	01/06/2015	04:30	01/06/2015	05:15	SAÍDA	A9		0,75	N/A	4.560,00	0,2	660	0,45	451.440,00	
4	WORLD HARMONY	TANKER	01/06/2015	06:45	01/06/2015	08:20	SAÍDA	PP1		1,58	74.200,00	12.091,00	0,2	660	2,53	2.527.019,00	
5	ASSO VENTOTTO	OFFSHORE SUPPLY	01/06/2015	07:00	01/06/2015	08:00	MUDANÇA	LARGO	E. INHAUMA	1,00	2.860,00	6.696,00	0,2	660	0,88	883.872,00	
6	FORTE DE SAO MARCOS	LPG TANKER	01/06/2015	07:10	01/06/2015	09:00	ENTRADA		SUZANO	1,83	8.787,00	3.840,00	0,2	660	0,93	929.280,00	
7	CMM GRAVITY	OFFSHORE SUPPLY	01/06/2015	09:50	01/06/2015	10:40	ENTRADA		LARGO	0,83	N/A	4.560,00	0,2	660	0,50	501.600,00	
8	CHALLENGE PASSAGE	TANKER	01/06/2015	09:54	01/06/2015	11:20	SAÍDA		PS1	1,43	48.658,00	8.570,00	0,2	660	1,62	1.621.444,00	
9	MSC VIDHI	CONTAINER SHIP	01/06/2015	10:00	01/06/2015	11:30	SAÍDA		TECONT2	1,50	67.796,00	55.592,00	0,2	660	11,01	11.007.216,00	
10	HAPPY RANGER	GENERAL CARGO	01/06/2015	11:30	01/06/2015	13:00	ENTRADA		TECONT2	1,50	12.950,00	3.405,00	0,2	660	0,67	674.190,00	
11	ASSO VENTOTTO	OFFSHORE SUPPLY	01/06/2015	12:50	01/06/2015	13:30	MUDANÇA	E. INHAUMA	AF 6 OESTE	0,67	2.860,00	6.696,00	0,2	660	0,59	589.248,00	
12	MSC FIAMMETTA	CONTAINER SHIP	01/06/2015	13:00	01/06/2015	14:20	SAÍDA		TECONT3	1,33	73.355,00	55.592,00	0,2	660	9,78	9.784.192,00	
13	NORMAND MASTER	OFFSHORE SUPPLY	01/06/2015	16:00	01/06/2015	16:50	MUDANÇA	SIDERURG3	LARGO	0,83	N/A	4.560,00	0,2	660	0,50	501.600,00	
14	C-ADVENTURER	OFFSHORE SUPPLY	01/06/2015	16:15	01/06/2015	17:15	MUDANÇA	NITPORTOS	LARGO	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00	
15	NORMAND MARINER	OFFSHORE SUPPLY	01/06/2015	16:25	01/06/2015	17:25	MUDANÇA	LARGO	SIDERURG3	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00	
16	V.B. CALIFORNIA	OFFSHORE SUPPLY	01/06/2015	17:30	01/06/2015	18:40	MUDANÇA		AF 6 OESTE	A5	1,17	N/A	4.560,00	0,2	660	0,70	702.240,00
17	MANDRIO	OFFSHORE SUPPLY	01/06/2015	17:30	01/06/2015	18:30	ENTRADA		DEMAPEZ	1,00	3.571,00	3.200,00	0,2	660	0,42	422.400,00	
18	WORLD OPAL	OFFSHORE SUPPLY	01/06/2015	17:55	01/06/2015	18:55	ENTRADA		CCPN	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00	
19	KAETHE C. RICKMERS	CONTAINER SHIP	01/06/2015	18:40	01/06/2015	19:40	SAÍDA		TECONT1	1,00	68.282,00	55.592,00	0,2	660	7,34	7.338.144,00	
20	MONTE ROSA	CONTAINER SHIP	01/06/2015	19:00	01/06/2015	20:50	ENTRADA		PROLONG	1,83	64.888,00	35.980,00	0,2	660	8,71	8.707.160,00	
21	RAQUEL KNUITSEN	TANKER	01/06/2015	21:15	01/06/2015	22:20	SAÍDA		VISITA	1,08	152.208,00	17.849,00	0,2	660	2,55	2.552.407,00	
22	HAPPY RANGER	GENERAL CARGO	01/06/2015	22:00	01/06/2015	23:05	SAÍDA		TECONT2	1,08	12.950,00	3.405,00	0,2	660	0,49	486.915,00	
23	MARIDIVE 212	OFFSHORE SUPPLY	01/06/2015	22:30	01/06/2015	23:30	ENTRADA		LARGO	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00	
24	MBA GIOVANNI	BULK CARRIER	02/06/2015	00:00	02/06/2015	01:00	ENTRADA		FEITICEIRA	1,00	93.361,00	10.384,00	0,2	660	1,37	1.370.688,00	
25	NORMAND TITAN	OFFSHORE SUPPLY	02/06/2015	05:00	02/06/2015	06:00	ENTRADA		LARGO	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00	
26	MONTE ROSA	CONTAINER SHIP	02/06/2015	05:30	02/06/2015	06:40	SAÍDA		PROLONG	1,17	64.888,00	35.980,00	0,2	660	5,54	5.540.920,00	
27	SEA PANTHER	OFFSHORE TUG	02/06/2015	06:00	02/06/2015	07:00	ENTRADA		LARGO	1,00	2.900,00	11.240,00	0,2	660	1,48	1.483.680,00	
28	MADRE DE DEUS	TANKER	02/06/2015	06:45	02/06/2015	09:20	ENTRADA		PP1	2,58	105.283,00	13.518,00	0,2	660	4,61	4.609.638,00	
29	E. R. LUISA	OFFSHORE TUG	02/06/2015	07:00	02/06/2015	08:00	ENTRADA		SIDERURG2	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00	
30	CARMEN KNUITSEN	TANKER	02/06/2015	07:00	02/06/2015	08:30	ENTRADA		XARÉU	1,50	156.296,00	17.849,00	0,2	660	3,53	3.534.102,00	
31	ARMADA TUAH 104	OFFSHORE TUG	02/06/2015	08:00	02/06/2015	08:55	ENTRADA		LARGO	0,92	N/A	4.560,00	0,2	660	0,55	551.760,00	
32	KELLY CANDIES	OFFSHORE TUG	02/06/2015	08:05	02/06/2015	09:00	ENTRADA		SIDERURG2	0,92	N/A	4.560,00	0,2	660	0,55	551.760,00	
33	MAGSENGER 10	BULK CARRIER	02/06/2015	08:15	02/06/2015	09:30	ENTRADA		VISITA	1,25	115.301,00	10.384,00	0,2	660	1,71	1.713.360,00	
34	C-COURAGEOUS	OFFSHORE SUPPLY	02/06/2015	08:30	02/06/2015	09:30	GIRO	FE-RIO	FE-RIO	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00	
35	PACIFIC DOVE	OFFSHORE TUG	02/06/2015	08:45	02/06/2015	10:15	ENTRADA		SIDERURG2	1,50	N/A	4.560,00	0,2	660	0,90	902.880,00	
36	SKANDI HAV	OFFSHORE SUPPLY	02/06/2015	09:25	02/06/2015	10:45	ENTRADA		TERM.OLEO	1,33	N/A	4.560,00	0,2	660	0,80	802.560,00	
37	MANDRIO	OFFSHORE SUPPLY	02/06/2015	09:30	02/06/2015	10:15	SAÍDA		DEMAPEZ	0,75	3.571,00	3.200,00	0,2	660	0,32	316.800,00	
38	OSCAR NIEMEYER	LPG TANKER	02/06/2015	09:30	02/06/2015	11:10	SAÍDA		PROMAR-STX	1,67	5.079,00	3.840,00	0,2	660	0,84	844.800,00	
39	ALESSANDRO VOLTA	BULK CARRIER	02/06/2015	10:00	02/06/2015	12:45	ENTRADA		REDONDA	2,75	76.806,00	10.384,00	0,2	660	3,77	3.769.392,00	
40	AEGEAN HIGHWAY	VEHICLES CARRIER	02/06/2015	11:04	02/06/2015	13:00	ENTRADA		TECONT3	1,93	18.867,00	13.937,00	0,2	660	3,56	3.556.722,40	
41	MAERSK LANCER	OFFSHORE TUG	02/06/2015	11:15	02/06/2015	12:10	ENTRADA		LARGO	0,92	N/A	4.560,00	0,2	660	0,55	551.760,00	
42	C-COURAGEOUS	OFFSHORE SUPPLY	02/06/2015	11:50	02/06/2015	12:50	ENTRADA		LARGO	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00	
43	PIRAJUI	TANKER	02/06/2015	13:10	02/06/2015	14:20	MUDANÇA		AF 8	1,17	66.721,00	9.290,00	0,2	660	1,43	1.430.660,00	
44	E. R. LUISA	OFFSHORE TUG	02/06/2015	14:55	02/06/2015	15:55	SAÍDA		SIDERURG2	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00	
45	SKANDI IGUACU	OFFSHORE TUG	02/06/2015	15:15	02/06/2015	16:40	ENTRADA		SIDERURG2	1,42	4.700,00	20.589,80	0,2	660	3,85	3.850.292,60	
46	A. H. CAMOGLI	OFFSHORE TUG	02/06/2015	15:45	02/06/2015	16:40	ENTRADA		LARGO	0,92	N/A	4.560,00	0,2	660	0,55	551.760,00	
47	PACIFIC DOVE	OFFSHORE TUG	02/06/2015	16:05	02/06/2015	17:00	SAÍDA		SIDERURG2	0,92	N/A	4.560,00	0,2	660	0,55	551.760,00	
48	RICHARD A PHILIPPI	OFFSHORE SUPPLY	02/06/2015	17:00	02/06/2015	18:00	SAÍDA		LARGO	1,00	N/A	4.560,00	0,2	660	0,60	601.920,00	
49	LINDOIA BR	TANKER	02/06/2015	17:15	02/06/2015	18:43	SAÍDA		PP2	1,47	44.582,00	5.520,00	0,2	660	1,07	1.068.672,00	
50	SKANDI HAV	OFFSHORE SUPPLY	02/06/2015	17:25	02/06/2015	18:10	SAÍDA		TERM.OLEO	0,75	N/A	4.560,00	0,2	660	0,45	451.440,00	
51	A. H. VALLETTA	OFFSHORE TUG	02/06/2015	18:00	02/06/2015	19:15	MUDANÇA	MACLARENA1	LARGO	1,25	N/A	4.560,00	0,2	660	0,75	752.400,00	
52	NORMAND TITAN	OFFSHORE SUPPLY	02/06/2015	19:20	02/06/2015	20:10	MUDANÇA	LARGO	TERM.OLEO	0,83	N/A	4.560,00	0,2	660	0,50	501.600,00	

APÊNDICE E

Extrato de inventário de navios (inverno) - Estimativa de emissão de CO₂ para o modo operacional de manobra (considerando os motores auxiliares das embarcações).

Apêndice E - Extrato de inventário de navios (inverno) - Estimativa de emissão de CO2 para o modo operacional de manobra (considerando os motores auxiliares das embarcações)

	NAVIO	TIPO DA EMBARCAÇÃO	INÍCIO		TÉRMINO		MANOBRA	DE	PARA	TEMPO DE MANOBRA (h)	PORTE BRUTO (t)	POTÊNCIA EFETIVA MÉDIA	FATOR DE CARGA (LF)	FATOR DE EMISSÃO (gCO2 / kWh)	TOTAL DE EMISSÕES CO2 (t)	TOTAL DE EMISSÕES CO2 (g)
526	ARA ESPORA	ARGENTINE NAVY	17/06/2015	12:10	17/06/2015	13:15	ENTRADA		AF MARINHA	1,08	N/A	N/A	1	690	0,00	747,50
553	ARA ESPORA	ARGENTINE NAVY	18/06/2015	12:00	18/06/2015	12:40	MUDANÇA	AF MARINHA	MOCANGUÊ	0,67	N/A	N/A	1	690	0,00	460,00
692	ARA ESPORA	ARGENTINE NAVY	22/06/2015	09:20	22/06/2015	10:15	SAÍDA	MOCANGUÊ		0,92	N/A	N/A	1	690	0,00	632,50
848	ARA ESPORA	ARGENTINE NAVY	26/06/2015	11:30	26/06/2015	12:30	ENTRADA		MOCANGUÊ	1,00	N/A	N/A	1	690	0,00	690,00
850	ARA SAN BLAS	ARGENTINE NAVY	26/06/2015	12:25	26/06/2015	13:30	ENTRADA		MOCANGUÊ	1,08	N/A	N/A	1	690	0,00	747,50
920	ARA ESPORA	ARGENTINE NAVY	28/06/2015	15:00	28/06/2015	15:50	SAÍDA	MOCANGUÊ		0,83	N/A	N/A	1	690	0,00	575,00
922	ARA SAN BLAS	ARGENTINE NAVY	28/06/2015	15:30	28/06/2015	16:25	SAÍDA	MOCANGUÊ		0,92	N/A	N/A	1	690	0,00	632,50
2910	DOCA CEARA	BRAZILIAN NAVY	27/08/2015	06:00	27/08/2015	09:50	ENTRADA		MOCANGUÊ	3,83	N/A	N/A	1	690	0,00	2.645,00
24	MBA GIOVANNI	BULK CARRIER	02/06/2015	00:00	02/06/2015	01:00	ENTRADA		FEITICEIRA	1,00	93.361,00	1.223,00	1	690	0,84	843.870,00
33	MAGSENGER 10	BULK CARRIER	02/06/2015	08:15	02/06/2015	09:30	ENTRADA		VISITA	1,25	115.301,00	1.223,00	1	690	1,05	1.054.837,50
39	ALESSANDRO VOLTA	BULK CARRIER	02/06/2015	10:00	02/06/2015	12:45	ENTRADA		REDONDA	2,75	76.806,00	822,00	1	690	1,56	1.559.745,00
67	MAGSENGER 10	BULK CARRIER	03/06/2015	06:30	03/06/2015	07:40	SAÍDA	VISITA		1,17	115.301,00	1.223,00	1	690	0,98	984.515,00
80	MBA GIOVANNI	BULK CARRIER	03/06/2015	10:20	03/06/2015	10:50	SAÍDA	FEITICEIRA		0,50	93.361,00	1.223,00	1	690	0,42	421.935,00
86	ALESSANDRO VOLTA	BULK CARRIER	03/06/2015	12:00	03/06/2015	13:15	SAÍDA	REDONDA		1,25	76.806,00	822,00	1	690	0,71	708.975,00
117	ANNA SMILE	BULK CARRIER	04/06/2015	06:35	04/06/2015	08:00	ENTRADA		VISITA	1,42	74.823,00	822,00	1	690	0,80	803.505,00
132	FALCON TRADER	BULK CARRIER	04/06/2015	14:15	04/06/2015	15:15	ENTRADA		A12	1,00	54.924,00	822,00	1	690	0,57	567.180,00
152	ANNA SMILE	BULK CARRIER	05/06/2015	06:30	05/06/2015	07:30	SAÍDA	VISITA		1,00	74.823,00	822,00	1	690	0,57	567.180,00
159	NAVIOS SOLEIL	BULK CARRIER	05/06/2015	10:00	05/06/2015	11:00	ENTRADA		VISITA	1,00	57.334,00	822,00	1	690	0,57	567.180,00
174	KEN GIANT	BULK CARRIER	05/06/2015	18:00	05/06/2015	19:00	ENTRADA		FEITICEIRA	1,00	28.323,00	822,00	1	690	0,57	567.180,00
183	NAVIOS SOLEIL	BULK CARRIER	06/06/2015	00:20	06/06/2015	01:20	SAÍDA	VISITA		1,00	57.334,00	822,00	1	690	0,57	567.180,00
185	KEN GIANT	BULK CARRIER	06/06/2015	03:00	06/06/2015	03:45	SAÍDA	FEITICEIRA		0,75	28.323,00	822,00	1	690	0,43	425.385,00
202	SAKIZAYA DIAMOND	BULK CARRIER	06/06/2015	18:50	06/06/2015	19:30	ENTRADA		FEITICEIRA	0,67	33.788,00	822,00	1	690	0,38	378.120,00
216	BRAZTRANS 1	BULK CARRIER	07/06/2015	09:30	07/06/2015	10:30	MUDANÇA	RNVGUIL	LARGO	1,00	38.186,00	822,00	1	690	0,57	567.180,00
220	MAHITIS	BULK CARRIER	07/06/2015	12:30	07/06/2015	14:10	ENTRADA		VISITA	1,67	76.099,00	822,00	1	690	0,95	945.300,00
223	SAKIZAYA DIAMOND	BULK CARRIER	07/06/2015	15:40	07/06/2015	16:05	SAÍDA	FEITICEIRA		0,42	33.788,00	822,00	1	690	0,24	236.325,00
224	LUSITANIA G	BULK CARRIER	07/06/2015	17:30	07/06/2015	18:25	ENTRADA		FEITICEIRA	0,92	58.443,00	822,00	1	690	0,52	519.915,00
235	MAHITIS	BULK CARRIER	08/06/2015	08:45	08/06/2015	10:05	SAÍDA	VISITA		1,33	76.099,00	822,00	1	690	0,76	756.240,00
244	CAPETAN TASSOS	BULK CARRIER	08/06/2015	15:10	08/06/2015	16:00	ENTRADA		VISITA	0,83	75100	822,00	1	690	0,47	472.650,00
251	LUSITANIA G	BULK CARRIER	08/06/2015	18:50	08/06/2015	19:30	SAÍDA	FEITICEIRA		0,67	58.443,00	822,00	1	690	0,38	378.120,00
283	CMB CHARLOTTE	BULK CARRIER	09/06/2015	17:00	09/06/2015	18:15	ENTRADA		VISITA	1,25	32.626,00	822,00	1	690	0,71	708.975,00
300	ELENI	BULK CARRIER	10/06/2015	08:12	10/06/2015	09:45	ENTRADA		FEITICEIRA	1,55	33.717,00	822,00	1	690	0,88	879.129,00
308	CAPETAN TASSOS	BULK CARRIER	10/06/2015	12:00	10/06/2015	12:35	SAÍDA	VISITA		0,58	75100	822,00	1	690	0,33	330.855,00
313	CMB CHARLOTTE	BULK CARRIER	10/06/2015	15:10	10/06/2015	16:00	SAÍDA	VISITA		0,83	32.626,00	822,00	1	690	0,47	472.650,00
315	LADY GIOVI	BULK CARRIER	10/06/2015	16:50	10/06/2015	17:55	ENTRADA		VISITA	1,08	81.791,00	822,00	1	690	0,61	614.445,00
317	BARCELONA	BULK CARRIER	10/06/2015	18:00	10/06/2015	20:00	ENTRADA		VISITA	2,00	56000	822,00	1	690	1,13	1.134.360,00
318	BRAZTRANS 1	BULK CARRIER	10/06/2015	18:05	10/06/2015	20:00	MUDANÇA	LARGO	TECONT1	1,92	38.186,00	822,00	1	690	1,09	1.087.095,00
331	BRAZTRANS 1	BULK CARRIER	11/06/2015	05:30	11/06/2015	06:45	SAÍDA	TECONT1		1,25	38.186,00	822,00	1	690	0,71	708.975,00
341	BARCELONA	BULK CARRIER	11/06/2015	10:55	11/06/2015	11:20	SAÍDA	VISITA		0,42	56000	822,00	1	690	0,24	236.325,00
345	ELENI	BULK CARRIER	11/06/2015	14:40	11/06/2015	16:10	SAÍDA	FEITICEIRA		1,50	33.717,00	822,00	1	690	0,85	850.770,00
372	LADY GIOVI	BULK CARRIER	12/06/2015	14:00	12/06/2015	15:10	SAÍDA	VISITA		1,17	81.791,00	822,00	1	690	0,66	661.710,00
384	NAVIOS MERIDIAN	BULK CARRIER	12/06/2015	21:15	12/06/2015	22:20	ENTRADA		VISITA	1,08	50.316,00	822,00	1	690	0,61	614.445,00
387	ORANGE RIVER	BULK CARRIER	13/06/2015	01:00	13/06/2015	02:00	ENTRADA		FEITICEIRA	1,00	55.687,00	822,00	1	690	0,57	567.180,00
393	SM AURORA	BULK CARRIER	13/06/2015	06:35	13/06/2015	07:40	ENTRADA		VISITA	1,08	24.351,00	822,00	1	690	0,61	614.445,00
414	ORANGE RIVER	BULK CARRIER	13/06/2015	20:30	13/06/2015	21:00	SAÍDA	FEITICEIRA		0,50	55.687,00	822,00	1	690	0,28	283.590,00
416	IONIC SPIRIT	BULK CARRIER	13/06/2015	21:20	13/06/2015	22:00	ENTRADA		FEITICEIRA	0,67	56.108,00	822,00	1	690	0,38	378.120,00
421	SM AURORA	BULK CARRIER	14/06/2015	05:25	14/06/2015	05:50	SAÍDA	VISITA		0,42	24.351,00	822,00	1	690	0,24	236.325,00
426	STAR OMICRON	BULK CARRIER	14/06/2015	08:00	14/06/2015	09:30	ENTRADA		VISITA	1,50	24.351,00	822,00	1	690	0,85	850.770,00
430	IONIC SPIRIT	BULK CARRIER	14/06/2015	10:00	14/06/2015	10:40	SAÍDA	FEITICEIRA		0,67	56.108,00	822,00	1	690	0,38	378.120,00
431	NORSUL CRATEUS	BULK CARRIER	14/06/2015	11:00	14/06/2015	12:40	MUDANÇA	RNVALEX	FEITICEIRA	1,67	42.487,00	822,00	1	690	0,95	945.300,00
450	DESERT GLORY	BULK CARRIER	15/06/2015	01:00	15/06/2015	02:50	ENTRADA		A8.9	1,83	57.412,00	822,00	1	690	1,04	1.039.830,00
453	NORSUL CRATEUS	BULK CARRIER	15/06/2015	06:00	15/06/2015	06:45	SAÍDA	FEITICEIRA		0,75	42.487,00	822,00	1	690	0,43	425.385,00
455	LOWLANDS PATRASCHÉ	BULK CARRIER	15/06/2015	07:30	15/06/2015	08:10	ENTRADA		FEITICEIRA	0,67	58.105,00	822,00	1	690	0,38	378.120,00
471	STAR OMICRON	BULK CARRIER	15/06/2015	19:25	15/06/2015	20:00	SAÍDA	VISITA		0,58	24.351,00	822,00	1	690	0,33	330.855,00

APÊNDICE F

Extrato de inventário de navios (inverno) - Estimativa de emissão de CO₂ para o modo operacional *hotelling* (considerando os motores auxiliares das embarcações).

Apêndice F - Extrato de inventário de navios (inverno) - Estimativa de emissão de CO2 para o modo operacional *hotelling* (considerando os motores auxiliares das embarcações)

	NAVIO	TIPO DA EMBARCAÇÃO	INÍCIO		TÉRMINO		MANOBRAS	DE	PARA	TEMPO HOTELLING (h)	PORTE BRUTO (t)	POTÊNCIA EFETIVA MÉDIA	FATOR DE CARGA (LF)	FATOR DE EMISSÃO (gCO2 / kWh)	TOTAL DE EMISSÕES CO2 (t)	TOTAL DE EMISSÕES CO2 (g)
526	ARA ESPORA	ARGENTINE NAVY	17/06/2015	12:10	17/06/2015	13:15	ENTRADA	AF MARINHA		0,00	N/A	N/A	1	690	0,00	0,00
553	ARA ESPORA	ARGENTINE NAVY	18/06/2015	12:00	18/06/2015	12:40	MUDANÇA	AF MARINHA	MOCANGUÊ	22,75	N/A	N/A	1	690	0,02	15.697,50
692	ARA ESPORA	ARGENTINE NAVY	22/06/2015	09:20	22/06/2015	10:15	SAÍDA	MOCANGUÊ		92,67	N/A	N/A	1	690	0,06	63.940,00
848	ARA ESPORA	ARGENTINE NAVY	26/06/2015	11:30	26/06/2015	12:30	ENTRADA		MOCANGUÊ	0,00	N/A	N/A	1	690	0,00	0,00
920	ARA ESPORA	ARGENTINE NAVY	28/06/2015	15:00	28/06/2015	15:50	SAÍDA		MOCANGUÊ	50,50	N/A	N/A	1	690	0,03	34.845,00
850	ARA SAN BLAS	ARGENTINE NAVY	26/06/2015	12:25	26/06/2015	13:30	ENTRADA		MOCANGUÊ	0,00	N/A	N/A	1	690	0,00	0,00
922	ARA SAN BLAS	ARGENTINE NAVY	28/06/2015	15:30	28/06/2015	16:25	SAÍDA		MOCANGUÊ	50,00	N/A	N/A	1	690	0,03	34.500,00
2910	DOÇA CEARÁ	BRAZILIAN NAVY	27/08/2015	06:00	27/08/2015	09:50	ENTRADA		MOCANGUÊ	0,00	N/A	N/A	1	690	0,00	0,00
2403	ABYO OPRAH	BULK CARRIER	11/08/2015	10:30	11/08/2015	11:30	ENTRADA		FEITICEIRA	0,00	82.551,00	313,00	1	690	0,00	0,00
2413	ABYO OPRAH	BULK CARRIER	11/08/2015	19:30	11/08/2015	20:20	SAÍDA		FEITICEIRA	8,00	82.551,00	313,00	1	690	1,73	1.727.760,00
2953	ACHILLEAS	BULK CARRIER	28/08/2015	13:50	28/08/2015	14:50	ENTRADA		AF 8	0,00	58.018,00	313,00	1	690	0,00	0,00
2978	ACHILLEAS	BULK CARRIER	29/08/2015	14:30	29/08/2015	15:30	SAÍDA		AF 8	23,67	58.018,00	313,00	1	690	5,11	5.111.290,00
2292	AD ASTRA	BULK CARRIER	07/08/2015	06:30	07/08/2015	08:00	ENTRADA		VISITA N	0,00	82.000,00	313,00	1	690	0,00	0,00
2323	AD ASTRA	BULK CARRIER	08/08/2015	06:15	08/08/2015	07:20	SAÍDA		VISITA N	22,25	82.000,00	313,00	1	690	4,81	4.805.332,50
943	ADFINES SOUTH	BULK CARRIER	29/06/2015	10:35	29/06/2015	11:30	ENTRADA		FEITICEIRA	0,00	37.300,00	313,00	1	690	0,00	0,00
953	ADFINES SOUTH	BULK CARRIER	29/06/2015	20:00	29/06/2015	20:50	SAÍDA		FEITICEIRA	8,50	37.300,00	313,00	1	690	1,84	1.835.745,00
882	AGIOS NIKOLAS	BULK CARRIER	27/06/2015	11:00	27/06/2015	12:30	ENTRADA		FEITICEIRA	0,00	57.902,00	313,00	1	690	0,00	0,00
910	AGIOS NIKOLAS	BULK CARRIER	28/06/2015	10:30	28/06/2015	11:45	SAÍDA		FEITICEIRA	22,00	57.902,00	313,00	1	690	4,75	4.751.340,00
1683	AKTEA R	BULK CARRIER	21/07/2015	11:30	21/07/2015	12:30	ENTRADA		FEITICEIRA	0,00	28.372,00	313,00	1	690	0,00	0,00
1700	AKTEA R	BULK CARRIER	21/07/2015	21:20	21/07/2015	22:20	SAÍDA		FEITICEIRA	8,83	28.372,00	313,00	1	690	1,91	1.907.735,00
2355	ALBION BAY	BULK CARRIER	10/08/2015	08:30	10/08/2015	09:45	ENTRADA		VISITA N	0,00	58.755,00	313,00	1	690	0,00	0,00
2387	ALBION BAY	BULK CARRIER	11/08/2015	06:00	11/08/2015	07:10	SAÍDA		VISITA N	20,25	58.755,00	313,00	1	690	4,37	4.373.392,50
39	ALESSANDRO VOLTA	BULK CARRIER	02/06/2015	10:00	02/06/2015	12:45	ENTRADA		REDONDA	0,00	76.806,00	313,00	1	690	0,00	0,00
86	ALESSANDRO VOLTA	BULK CARRIER	03/06/2015	12:00	03/06/2015	13:15	SAÍDA		REDONDA	23,25	76.806,00	313,00	1	690	5,02	5.021.302,50
683	ALESSANDRO VOLTA	BULK CARRIER	22/06/2015	06:30	22/06/2015	09:15	ENTRADA		REDONDA	0,00	76.806,00	313,00	1	690	0,00	0,00
761	ALESSANDRO VOLTA	BULK CARRIER	24/06/2015	07:50	24/06/2015	09:00	SAÍDA		REDONDA	46,58	76.806,00	313,00	1	690	10,06	10.060.602,50
2070	AMYNTOR	BULK CARRIER	31/07/2015	14:00	31/07/2015	14:40	ENTRADA		VISITA N	0,00	28.326,00	313,00	1	690	0,00	0,00
2092	AMYNTOR	BULK CARRIER	31/07/2015	22:45	31/07/2015	23:20	SAÍDA		VISITA N	8,08	28.326,00	313,00	1	690	1,75	1.745.757,50
1022	ANASTASIA K	BULK CARRIER	01/07/2015	13:30	01/07/2015	14:40	ENTRADA		TERM.OLEO	0,00	79.500,00	313,00	1	690	0,00	0,00
1057	ANASTASIA K	BULK CARRIER	02/07/2015	09:00	02/07/2015	11:15	MUDANÇA		TERM.OLEO AF 6 OESTE	18,33	79.500,00	313,00	1	690	3,96	3.959.450,00
1107	ANASTASIA K	BULK CARRIER	03/07/2015	19:00	03/07/2015	20:00	SAÍDA		AF 6 OESTE	31,75	79.500,00	313,00	1	690	6,86	6.857.047,50
1819	ANASTASIA K	BULK CARRIER	25/07/2015	06:00	25/07/2015	06:50	ENTRADA		FEITICEIRA	0,00	79.500,00	313,00	1	690	0,00	0,00
1831	ANASTASIA K	BULK CARRIER	25/07/2015	18:00	25/07/2015	18:35	SAÍDA		FEITICEIRA	11,17	79.500,00	313,00	1	690	2,41	2.411.665,00
2831	ANGELIC GRACE	BULK CARRIER	25/08/2015	11:40	25/08/2015	12:30	ENTRADA		FEITICEIRA	0,00	74.764,00	313,00	1	690	0,00	0,00
2888	ANGELIC GRACE	BULK CARRIER	26/08/2015	14:30	26/08/2015	15:20	SAÍDA		FEITICEIRA	26,00	74.764,00	313,00	1	690	5,62	5.615.220,00
117	ANNA SMILE	BULK CARRIER	04/06/2015	06:35	04/06/2015	08:00	ENTRADA		VISITA	0,00	74.823,00	313,00	1	690	0,00	0,00
152	ANNA SMILE	BULK CARRIER	05/06/2015	06:30	05/06/2015	07:30	SAÍDA		VISITA	22,50	74.823,00	313,00	1	690	4,86	4.859.325,00
2227	AS ELBIA	BULK CARRIER	05/08/2015	08:15	05/08/2015	09:10	ENTRADA		FEITICEIRA	0,00	34.394,00	313,00	1	690	0,00	0,00
2245	AS ELBIA	BULK CARRIER	05/08/2015	22:25	05/08/2015	23:15	SAÍDA		FEITICEIRA	13,25	34.394,00	313,00	1	690	2,86	2.861.602,50
2537	ATAMAN	BULK CARRIER	15/08/2015	07:30	15/08/2015	09:20	ENTRADA		AF 8	0,00	72.867,00	313,00	1	690	0,00	0,00
2559	ATAMAN	BULK CARRIER	16/08/2015	06:30	16/08/2015	07:55	SAÍDA		AF 8	21,17	72.867,00	313,00	1	690	4,57	4.571.365,00
2681	ATHINA	BULK CARRIER	20/08/2015	07:30	20/08/2015	09:10	ENTRADA		AF 8	0,00	76.635,00	313,00	1	690	0,00	0,00
2724	ATHINA	BULK CARRIER	21/08/2015	06:50	21/08/2015	08:30	SAÍDA		AF 8	21,67	76.635,00	313,00	1	690	4,68	4.679.350,00
2159	BAKER RIVER	BULK CARRIER	03/08/2015	03:00	03/08/2015	04:30	ENTRADA		A8.9	0,00	56.094,00	313,00	1	690	0,00	0,00
2267	BAKER RIVER	BULK CARRIER	06/08/2015	13:40	06/08/2015	14:40	SAÍDA		A8.9	81,17	56.094,00	313,00	1	690	17,53	17.529.565,00
317	BARCELONA	BULK CARRIER	10/06/2015	18:00	10/06/2015	20:00	ENTRADA		VISITA	0,00	56000	313,00	1	690	0,00	0,00
341	BARCELONA	BULK CARRIER	11/06/2015	10:55	11/06/2015	11:20	SAÍDA		VISITA	14,92	56000	313,00	1	690	3,22	3.221.552,50
1676	BEILUN SEA LION	BULK CARRIER	21/07/2015	06:30	21/07/2015	08:00	ENTRADA		VISITA N	0,00	75.971,00	313,00	1	690	0,00	0,00
1692	BEILUN SEA LION	BULK CARRIER	21/07/2015	16:00	21/07/2015	17:30	SAÍDA		VISITA N	8,00	75.971,00	313,00	1	690	1,73	1.727.760,00
3020	BLESSED LUCK	BULK CARRIER	31/08/2015	06:25	31/08/2015	07:35	ENTRADA		FEITICEIRA	0,00	76.704,00	313,00	1	690	0,00	0,00
1231	BLU TIDE	BULK CARRIER	08/07/2015	09:40	08/07/2015	11:20	ENTRADA		A11	0,00	35.916,00	313,00	1	690	0,00	0,00
1345	BLU TIDE	BULK CARRIER	11/07/2015	02:00	11/07/2015	03:10	SAÍDA		A11	62,67	35.916,00	313,00	1	690	13,53	13.534.120,00
3033	BLUE SAPPHIRE	BULK CARRIER	31/08/2015	14:30	31/08/2015	15:25	ENTRADA		VISITA S	0,00	48.907,00	313,00	1	690	0,00	0,00

ANEXO A

Tabela 05 - Detalhamento dos dados que caracterizam a atividade, a demanda de potência efetiva do motor principal em média e de emissões específicas para cada tipo e tamanho de navio, dentro da análise da indústria do transporte, usando o método *bottom-up* (dados para o ano de 2011).

Ship type	Size category	Units	Number active		Decimal AIS coverage of in-service ships	Avg. Deadweight (tonnes)	Avg. Installed power (kW)	Avg. Design speed (knots)	Avg . days at sea	Avg. * sea speed (knots)	Avg. * consumption ('000 tonnes)			Total CO2 emissions ('000 tonnes)
			IHSF	AIS							Main	Auxiliary	Boiler	
Bulk carrier	0–9,999	dwt	1,283	605	0.47	5,194	1,843	11.6	177	9.7	1.2	0.5	0.1	7,077
	10,000 – 3,4999	dwt	2,328	2,004	0.86	27,366	6,637	14.5	178	11.6	3.6	0.5	0.1	29,371
	35,000 – 59,999	dwt	2,650	2,423	0.91	51,195	8,922	14.9	187	12.2	5.1	0.7	0.1	47,873
	60,000 – 99,999	dwt	1,951	1,823	0.93	76,913	10,384	14.7	194	12.3	6.3	1.1	0.3	45,596
	100,000 – 199,999	dwt	1,084	1,006	0.93	167,167	16,402	15.1	203	12.2	9.6	1.1	0.2	35,873
	200,000 – +	dwt	206	196	0.95	244,150	19,877	14.6	204	12.4	12.2	1.1	0.2	8,738
Chemical tanker	0–4,999	dwt	1,594	823	0.52	3,937	1,773	12.0	163	9.9	1.0	0.2	0.2	6,955
	5,000– 9,999	dwt	884	778	0.88	8,931	3,707	13.5	170	10.8	1.9	0.6	0.4	7,819
	10,000– 19,999	dwt	1,033	954	0.92	17,884	5,833	14.3	188	12.0	3.6	0.6	0.3	14,52
	20,000 – +	dwt	1,41	1,27	0.90	42,782	9,398	15.0	182	12.6	5.2	1.4	0.4	29,961

continua

Ship type	Size category	Units	Number active		Decimal AIS coverage of in-service ships	Avg. Deadweight (tonnes)	Avg. Installed power (kW)	Avg. Design speed (knots)	Avg . days at sea	Avg. * sea speed (knots)	Avg. * consumption ('000 tonnes)			Total CO ₂ emissions ('000 tonnes)
			IHSF	AIS							Main	Auxiliary	Boiler	
Container	0–999	TEU	1,154	945	0.82	9,676	5,912	16.2	197	12.6	3.0	2.4	0.6	14,772
	1,000 – 1,999	TEU	1,277	1,172	0.92	20,723	12,443	19.3	206	14.4	5.8	2.2	0.4	32,935
	2,000 – 2,999	TEU	724	666	0.92	35,764	21,668	21.6	222	16.0	10.3	3.0	0.4	30,695
	3,000 – 4,999	TEU	944	864	0.92	53,951	35,98	23.8	241	16.9	16.3	3.8	0.5	59,865
	5,000 – 7,999	TEU	576	545	0.95	76,981	55,592	25.2	246	17.2	23.0	4.0	0.6	49,192
	8,000– 11,999	TEU	260	236	0.91	108,236	68,779	25.4	250	17.4	28.9	4.3	0.6	27,195
	12,000 – 14,500	TEU	50	47	0.94	164,333	77,563	27.1	240	16.9	30.9	5.2	0.8	5,291
	14,500 – +	TEU	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
General cargo	0–4,999	dwt	12,187	4,76	0.39	2,405	1,18	11.2	167	8.8	0.6	0.1	0.0	28,339
	5,000– 9,999	dwt	2,936	2,268	0.77	8,441	3,405	13.5	178	10.3	1.7	0.4	0.1	19,682
	10,000 – +	dwt	2,108	1,77	0.84	22,011	7,171	15.4	181	12.1	3.7	1.3	0.1	32,360

continua

Ship type	Size category	Units	Number active		Decimal AIS coverage of in-service ships	Avg. Deadweight (tonnes)	Avg. Installed power (kW)	Avg. Design speed (knots)	Avg . days at sea	Avg. * sea speed (knots)	Avg.* consumption ('000 tonnes)			Total CO ₂ emissions ('000 tonnes)
			IHSF	AIS							Main	Auxiliary	Boiler	
Liquefied gas tanker	0–49,999	cbm	1,088	833	0.77	7,24	3,87	13.9	186	12.0	2.7	0.6	0.4	12,206
	50,000–199,999	cbm	448	416	0.93	68,019	22,327	18.5	262	15.1	19.1	4.0	0.5	29,658
	200,000 - +	cbm	45	38	0.84	121,27	37,358	19.3	297	16.6	34.4	3.9	1.0	5,504
Oil tanker	0–4,999	dwt	3,761	1,419	0.38	2,781	1,415	11.2	145	8.9	0.8	0.6	0.2	19,110
	5,000 – 9,999	dwt	681	529	0.78	9,005	3,134	12.7	155	9.3	1.3	1.0	0.3	5,331
	10,000 – 19,999	dwt	215	172	0.80	20,338	5,169	13.5	159	9.8	2.0	1.6	0.4	2,602
	20,000 – 59,999	dwt	681	623	0.91	43,467	8,57	14.9	169	11.9	4.1	2.0	0.6	13,819
	60,000 – 79,999	dwt	397	356	0.90	72,401	12,091	15.3	177	12.4	5.9	1.9	0.6	10,118
	80,000 – 119,999	dwt	878	795	0.91	106,477	13,518	15.0	180	11.9	6.2	2.6	0.8	25,786
	120,000 – 199,999	dwt	417	380	0.91	154,878	17,849	15.1	206	12.2	9.2	3.1	1.0	17,114
200,000 - +	dwt	563	534	0.95	304,656	26,71	16.0	222	12.9	15.8	3.7	1.1	35,284	

continua

Ship type	Size category	Units	Number active		Decimal AIS coverage of in-service ships	Avg. Deadweight (tonnes)	Avg. Installed power (kW)	Avg. Design speed (knots)	Avg . days at sea	Avg. * sea speed (knots)	Avg.* consumption ('000 tonnes)			Total CO ₂ emissions ('000 tonnes)
			IHSF	AIS							Main	Auxiliary	Boiler	
Other liquids tankers	0–+	dwt	152	28	0.18	740	594	9.8	103	8.8	0.4	1.3	0.4	1,046
Ferry – pax only	0–1,999	gt	3,051	928	0.30	702	1,991	22.6	180	14.4	0.9	0.4	0.0	12,299
	2,000–+	gt	72	37	0.51	1,73	6,785	16.8	219	13.8	4.9	1.0	0.0	1,335
Cruise	0–1,999	gt	201	72	0.36	2,306	1,219	12.6	119	8.8	0.4	1.0	0.5	1,204
	2,000–9,999	gt	72	54	0.75	4,847	4,549	15.6	160	10.2	1.5	1.0	0.4	636
	10,000–59,999	gt	116	99	0.85	4,312	19,479	19.7	209	14.0	9.9	8.9	1.4	7,131
	60,000–99,999	gt	83	75	0.90	8,369	52,92	22.0	261	15.8	31.5	25.8	0.6	14,690
	100,000–+	gt	46	44	0.96	12,527	72,663	22.1	264	16.4	47.1	26.0	0.5	10,365
Ferry – ro-pax	0–1,999	gt	1,617	574	0.35	896	1,53	13.0	177	8.6	0.7	0.2	0.0	4,507
	2,000–+	gt	1,216	917	0.75	3,459	15,357	21.4	199	14.2	6.4	1.4	0.0	28,789
Refrigerated bulk	0–1,999	dwt	1,126	802	0.71	5,538	4,877	16.0	184	13.6	3.4	2.3	0.4	21,212

conclusão

Ship type	Size category	Units	Number active		Decimal AIS coverage of in-service ships	Avg. Deadweight (tonnes)	Avg. Installed power (kW)	Avg. Design speed (knots)	Avg . days at sea	Avg. * sea speed (knots)	Avg.* consumption ('000 tonnes)			Total CO ₂ emissions ('000 tonnes)
			IHSF	AIS							Main	Auxiliary	Boiler	
Ro-ro	0–4,999	dwt	1,323	461	0.35	1,930	1,751	10.9	158	9.2	1.2	2.4	0.3	16,469
	5,000–+	dwt	443	391	0.88	11,286	11,526	17.8	206	14.4	7.2	3.7	0.4	15,349
Vehicle	0–3,999	vehicle	300	254	0.85	9,683	8,714	18.1	228	14.4	6.0	1.6	0.3	7,247
	4,000–+	vehicle	500	474	0.95	19,948	13,937	19.8	259	15.8	9.2	1.5	0.3	16,913
Yacht	0–+	gt	1,694	929	0.55	2,424	3,137	16.6	82	11.2	0.7	0.2	0.0	5,215
Service – tug	0–+	gt	14,221	4,204	0.30	1,342	2,437	11.9	102	7.2	0.6	0.1	0.0	30,601
Miscellaneous – fishing	0–+	gt	22,428	2,796	0.12	281	945	11.5	175	7.7	0.4	0.4	0.0	57,894
Offshore	0–+	gt	6,324	4,511	0.71	3,016	4,56	13.9	113	8.3	0.9	0.8	0.0	30,078
Service – other	0–+	gt	2,863	2,347	0.82	4,735	3,782	12.7	122	8.0	1.0	0.4	0.0	12,812
Miscellaneous – other	0–+	gt	3,301	55	0.02	339	1,994	12.6	127	8.9	1.0	0.4	0.0	14,757

* Indica o uso de média ponderada (por dias no mar para cada navio individual).

Fonte: IMO, 2014.