

TRANSPORTE MARÍTIMO DE PETRÓLEO E DERIVADOS NA COSTA  
BRASILEIRA: ESTRUTURA E IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS

Priscila Reis da Silva

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO  
ENERGÉTICO.

Aprovada por:

---

Prof. Roberto Schaeffer, Ph.D.

---

Maria Cristina da Silva Maurat, D.Sc.

---

Prof<sup>a</sup>. Suzana Kahn Ribeiro, D.Sc.

---

Prof. Josimar Ribeiro de Almeida, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

ABRIL DE 2004

SILVA, PRISCILA REIS DA

Transporte Marítimo de Petróleo e Derivados na Costa Brasileira: Estrutura e Implicações Ambientais [Rio de Janeiro] 2004

XII, 148 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Planejamento Energético, 2004)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Transporte Marítimo de Petróleo e Derivados
2. Petroleiros
3. Impactos Ambientais

I. COPPE/UFRJ II. Título ( série )

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus pela minha existência e pelas oportunidades que estou tendo nesta vida. Que o Senhor me dê sabedoria para que eu saiba aproveitá-las.

Aos meus pais por terem me proporcionado tudo que precisei. Hoje já posso caminhar com minhas próprias pernas, mas a base familiar que constituíram permanecerá para sempre comigo. Obrigada pelo amor de vocês!

Agradeço ao Professor Roberto pela compreensão e pelas palavras de incentivo em todos os momentos. Obrigada pelas importantes contribuições e pelos ensinamentos que muito contribuíram para este trabalho. Enfim, obrigada por ter me ajudado a dar mais este passo na minha vida profissional e por ter contribuído para minha realização pessoal.

Ao CNP-q pelo apoio financeiro.

Às pessoas que me ajudaram com a aquisição de dados e valiosas idéias: Márcia Vieira Reynier, Rodrigo Zambroni, Suzana Kahn, Marcus Pacheco Alcoforado, Maria Cristina da Silva Maurat.

Um especial agradecimento ao Marcus Vinicius Lisboa Brandão que me recebeu de braços abertos e me permitiu ter acesso a informações necessárias ao desenvolvimento deste trabalho. Você é DEZ! Obrigada por tudo!

Ao Marcelo pela valiosa ajuda e pelo apoio que me deu durante todo este tempo. Obrigada!

Aos meus colegas de turma com quem desfrutei ótimos momentos. Espero revê-los em outras etapas de nossas vidas!

À toda equipe do PPE pelo profissionalismo e simpatia com que me ajudaram.

Agradeço a toda minha família e aos meus amigos que sempre torceram por mim!

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

TRANSPORTE MARÍTIMO DE PETRÓLEO E DERIVADOS NA COSTA  
BRASILEIRA: ESTRUTURA E IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS

Priscila Reis da Silva

Abril/2004

Orientador: Roberto Schaeffer

Programa: Planejamento Energético

No Brasil, a maior parte do petróleo produzido e dos produtos refinados é transportada por navios petroleiros até o destino final. A navegação marítima constitui-se, portanto, no principal meio de transporte de petróleo e derivados, sendo a FRONAPE a maior transportadora do país, atuando em toda a costa brasileira.

Ao transporte marítimo de petróleo e derivados são atribuídos riscos e impactos, sejam estes advindos da própria atividade de navegação, sejam decorrentes de derrames de óleo operacionais ou acidentais.

As áreas costeiras mostraram-se as mais suscetíveis aos derrames de petróleo e derivados decorrentes do transporte marítimo uma vez que 90,8% das ocorrências registradas no período de 1996 a 2002 foram nas proximidades dos portos e terminais, destacando-se os terminais de São Sebastião e da baía da Ilha Grande, e os portos de Santos e do Rio de Janeiro. Desta forma, os ecossistemas situados no entorno dos portos e terminais estão mais vulneráveis aos derrames ocorridos nestes pontos.

Em 60% das ocorrências registradas neste mesmo período, o produto derramado foi óleo cru, sendo o recobrimento e a asfixia os principais impactos causados aos organismos.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

MARITIME TRANSPORTATION OF PETROLEUM AND DERIVATIVES ALONG  
BRAZILIAN COAST: STRUCTURE AND ENVIRONMENTAL CONCERNS

Priscila Reis da Silva

April/2004

Advisor: Roberto Schaeffer

Department: Energy Planning

In Brazil, the greatest part of the produced petroleum and refined derivatives is carried by oil tankers. The maritime navigation is, therefore, the main petroleum and derivatives mean of transportation, being FRONAPE the major carrier of the country, actuating along the brazilian coast.

Risks and impacts are attributable to this activity, being them originated from the navigation activity itself, or being them from operational or accidental oil spills.

Coastal areas showed to be more susceptible to oil spills derived from maritime transportation once, between 1996 and 2002, 90,8% of the registered occurrence took place at ports and terminals, emphasizing São Sebastião and Ilha Grande terminals, and Santos and Rio de Janeiro ports. In this way, ecosystems situated around ports and terminals are more vulnerable to spills occurred at these instalations.

In 60% of the registered occurrences in this same period, crude oil characterized the spilled product, being covering and asphyxia the main impacts over organisms.

## ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATRIZ DE TRANSPORTE.....	5
2.1- A estrutura do transporte de hidrocarbonetos.....	7
2.1.1- Transporte Ferroviário.....	8
2.1.2- Transporte Dutoviário.....	12
2.1.3- Transporte Aquaviário.....	16
2.1.4- Terminais.....	25
3. TRANSPORTE MARÍTIMO DE PETRÓLEO E DERIVADOS.....	29
3.1- Histórico da Navegação.....	29
3.1.1- Preocupação com o meio ambiente.....	32
3.2- Estrutura do transporte marítimo brasileiro.....	38
3.2.1- Caracterização da frota de petroleiros.....	38
3.2.2- Terminais marítimos.....	45
3.2.3- Riscos do transporte marítimo de petróleo e derivados.....	47
4. CARACTERIZAÇÃO DO PETRÓLEO E SEUS DERIVADOS E O COMPORTAMENTO DESTES NO AMBIENTE.....	59
4.1- Caracterização.....	59
4.1.1- Composição do petróleo.....	59
4.1.2- Propriedades físicas.....	62
4.1.2.1- Densidade.....	63
4.1.2.2- Ponto de Inflamação.....	64
4.1.2.3- Ponto de Fluidez ( <i>Pour Point</i> ) .....	64
4.1.2.4- Viscosidade.....	65
4.1.2.5- Tensão superficial.....	65
4.1.2.6- Solubilidade.....	65
4.2- Classificação.....	66
4.3- Comportamento no meio ambiente.....	71

4.3.1- Deslocamento da mancha.....	79
5. MEIO AMBIENTE.....	80
5.1- Impactos da navegação.....	80
5.1.1- Impactos das manobras em áreas portuárias.....	80
5.1.2- Resíduos.....	81
5.1.3- Tintas Antiincrustantes.....	82
5.1.4- Poluição Atmosférica.....	83
5.1.5- Transferência de espécies exóticas.....	85
5.2- Derrames de óleo.....	90
5.2.1- Efeitos no meio ambiente.....	90
5.2.1.1- Efeitos sobre os organismos.....	95
5.2.1.2- Efeitos nos ecossistemas marinhos.....	98
5.2.2- Repercussão na sociedade.....	105
5.2.3- Derrames dos navios da FRONAPE na costa brasileira.....	108
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
GLOSSÁRIO.....	136
ANEXOS.....	139
ANEXO I - Principais características das ferrovias onde há transporte de petróleo.....	140
ANEXO II - Estudos de poluição por óleo desenvolvidos na costa brasileira.....	142

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Composição percentual de cargas transportadas no Brasil entre 1996 e 2000, por modo de transporte.....	6
Figura 2.2- Percentual de participação dos modais no transporte de petróleo e derivados no Brasil (1995 e 2000) e EUA (1995).....	7
Figura 2.3- Número e porcentagem de linhas dutoviárias (gasodutos) no país por década.....	14
Figura 2.4- Número e porcentagem de linhas dutoviárias (oleodutos) no país por década.....	14
Figura 2.5- Evolução do transporte de gás natural via gasodutos nos anos de 1996 a 2000.....	15
Figura 2.6- Evolução do transporte via oleodutos nos anos de 1996 a 2000.....	16
Figura 2.7- Quantidade de embarcações, por tipo, existentes nos anos de 1997 e 2000 no Brasil.....	18
Figura 2.8- Evolução da quantidade de grânéis líquidos transportados no período de 1996-2002.....	19
Figura 2.9- Evolução do percentual de grânéis líquidos transportados em cada tipo de navegação no período de 1996 à 2002.....	19
Figura 3.1- Aumento da capacidade dos petroleiros da 2ª guerra mundial até a década de 70.....	30
Figura 3.2- Incorporação de petroleiros à frota mundial – média do número de navios e da tonelagem por década.....	31
Figura 3.3- Dados da desativação da frota mundial de petroleiros - média do número de navios e da tonelagem por década.....	35
Figura 3.4- Número de navios remanescentes da frota atual em função da desativação da frota de petroleiros, de acordo com o calendário proposto pela IMO e com o tempo de operação dos navios.....	36
Figura 3.5- Distribuição percentual, por operação, de acidentes ocorridos no período de 1996 à 2002 com os navios da FRONAPE.....	57



Figura 4.1- Desenho esquemático dos processos de intemperização do petróleo e seus derivados.....	78
Figura 4.2- Figura esquemática do deslocamento da mancha em função de ventos e correntes.....	79
Figura 5.1- Fontes de emissão de um navio para o ar e para o mar.....	90
Figura 5.2- Relação do volume de carga derramada ( $m^3$ ) em acidentes com os navios da FRONAPE em função da carga transportada pelos mesmos.....	110
Figura 5.3- Ocorrência de derrames, por produto, no período de 1996 à 2002.....	112
Figura 5.4- Percentual de produto derramado no período de 1996 à 2002.....	112
Figura 5.5- Percentual de derrames, por região, ocorridos na costa brasileira no período de 1996 à 2002.....	113

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Toneladas de petróleo e derivados transportadas em ferrovia no Brasil entre os anos de 1997 e 2002.....	9
Tabela 2.2- Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela Companhia Ferroviária do Nordeste S.A. (CFN) de 1997 à 2002.....	10
Tabela 2.3- Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela Estrada de Ferro Carajás (EFC) de 1997 à 2002.....	10
Tabela 2.4- Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) de 1997 à 2002.....	11
Tabela 2.5- Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela Ferrovia Bandeirantes S.A. (FERROBAN) de 1997 à 2002.....	11
Tabela 2.6- Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela Ferrovia Centro-Atlântica S.A. (FCA) de 1997 à 2002.....	11
Tabela 2.7- Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela Ferrovia Novoeste S.A. (NOVOESTE) de 1997 à 2002.....	12
Tabela 2.8- Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela América Latina Logística do Brasil S.A.- antiga Ferrovia Sul-Atlântico-(ALL) de 1997 à 2002.....	12
Tabela 2.9- Quantidade e extensão de dutos no Brasil, por função, em Dezembro de 2002.....	13
Tabela 2.10- Percentual de Granéis Líquidos transportados no Brasil entre os anos de 1996 e 2002.....	18
Tabela 2.11- Dados da movimentação de petróleo e derivados nos portos brasileiros no ano de 2000.....	20
Tabela 2.12- Dados relativos à capacidade de armazenamento dos terminais, em 31/12/2002.....	25
Tabela 3.1- Cronograma de conversão ou desativação dos navios de casco simples em navios de casco duplo de acordo com a categoria.....	33
Tabela 3.2- Evolução das características dos navios em função das regulamentações.....	37
Tabela 3.3- Características dos navios da FRONAPE.....	40

Tabela 3.4- Local de atuação dos navios da FRONAPE e produtos transportados por estes.....	43
Tabela 3.5- Capacidade de armazenamento dos terminais marítimos de óleo.....	46
Tabela 3.6- Níveis de risco identificados ao transporte de petróleo e derivados.....	49
Tabela 3.7- Riscos associados ao transporte marítimo de petróleo e derivados.....	51
Tabela 3.8- Número de acidentes, por operação, com navios a serviço da FRONAPE (próprios ou afretados) na costa brasileira, entre 1996 e 2002.....	55
Tabela 3.9- Número de acidentes registrados no mundo de acordo com as causas no período de 1974 a 2002.....	56
Tabela 3.10- Ocorrência de acidentes envolvendo quantidades maiores que 7 toneladas, no período entre 1970 e 2002.....	56
Tabela 4.1- Caracterização de óleos e derivados em função da persistência no ambiente.....	67
Tabela 4.2- Caracterização do petróleo e seus derivados em função do peso específico.....	67
Tabela 4.3- Classificação do petróleo e seus derivados em função de suas propriedades.....	69
Tabela 4.4- Porcentagem de petróleo evaporado em função do tempo e da temperatura.....	73
Tabela 5.1- Percentual de emissão de CO <sub>2</sub> , por modal, registrado em 1998 no Brasil.....	83
Tabela 5.2- Emissão de Poluentes a partir do consumo dos navios da FRONAPE, do ano de 1994 ao ano de 2002.....	84
Tabela 5.3- Exemplos de invasões bem sucedidas de organismos transportados por água de lastro.....	87
Tabela 5.4- Propriedades toxicológicas dos hidrocarbonetos.....	92
Tabela 5.5- Efeitos do derrame de petróleo em comunidades biológicas.....	97
Tabela 5.6- Descrição dos ecossistemas costeiros e dos impactos causados por um derrame de óleo.....	99
Tabela 5.7- Recuperação dos ecossistemas marinhos impactados por hidrocarbonetos de petróleo.....	103
Tabela 5.8- Escala de vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros.....	104

Tabela 5.9- Escala de vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros – modificado (Gundlach & Hayes) – Índice CETESB.....	105
Tabela 5.10- Quantidade de óleo derramado em acidentes ocorridos no mundo no período de 1970 à 2003.....	108
Tabela 5.11- Principais acidentes com navios petroleiros na costa brasileira em ordem cronológica.....	109
Tabela 5.12- Dados da FRONAPE relativos aos acidentes registrados com navios próprios e afretados no período entre 1996 e 2002.....	104
Tabela 5.13- Volume (m <sup>3</sup> ) derramado, por operação, com navios a serviço da FRONAPE (próprios ou afretados) na costa brasileira, entre 1996 e 2002.....	111

## 1 – INTRODUÇÃO

---

A crescente industrialização tem causado um aumento na poluição, principalmente nos ambientes aquáticos, que recebem diretamente substâncias químicas de despejos industriais e domésticos, sendo as regiões costeiras as mais sujeitas aos impactos das atividades antropogênicas (CETESB, 1990; Nipper, 2000).

Os efluentes líquidos e resíduos sólidos que são descartados no ambiente marinho têm despertado particular interesse, incluindo aqueles efluentes e resíduos derivados das atividades de desenvolvimento e produção de petróleo e gás natural decorrentes do aumento, nos últimos anos, da exploração desses energéticos.

As atividades decorrentes da indústria do petróleo envolvem as etapas de exploração, perfuração, produção, transporte, refino e distribuição, com potenciais de causar uma série de impactos ao meio ambiente (Silva, 1996).

O transporte de petróleo e derivados no Brasil tem como função a importação e a exportação, o escoamento da produção dos campos petrolíferos e a distribuição dos produtos processados (Oliveira, 1993). Para viabilizar estas atividades, tem-se a integração de meios de transporte e instalações, compreendendo os modais rodoviário, ferroviário, dutoviário, aquaviário e os terminais.

No Brasil, o transporte marítimo realizado pelos navios petroleiros constitui-se no principal modal, atuando tanto na navegação de longo curso como na navegação de cabotagem ao longo de toda a costa brasileira. A interligação com a terra é feita através dos terminais marítimos, peças-chave nesta cadeia logística, distribuídos ao longo de toda a costa brasileira.

A Frota Nacional de Petroleiros (FRONAPE), integrante do sistema PETROBRAS, é a maior transportadora de petróleo e derivados do Brasil (TRANSPETRO, 2004).

Atualmente, a frota é composta por 6 navios transportadores de gases, 43 navios que transportam petróleo e derivados e 2 navios atuando como cisterna em campos petrolíferos (FRONAPE, 2002a).

A atividade de transporte de petróleo e derivados tem grande potencial poluidor, principalmente devido o grande volume transportado. O transporte de petróleo e derivados pode causar descargas de portes variáveis, desde as maiores proporcionadas por acidentes com petroleiros até as relativamente pequenas, mas freqüentes, descargas operacionais. Mundialmente este transporte lança no ambiente cerca de 100.000 toneladas de hidrocarbonetos por ano. Comparando-o a outras fontes de hidrocarbonetos e apenas às fontes antropogênicas, este volume representa 7,7% e 14,3%, respectivamente, do total de hidrocarbonetos lançados anualmente no meio ambiente (Walker *et al.*, 2003). Apesar de outras fontes lançarem volumes superiores àqueles registrados pelo transporte marítimo, o volume derramado por esta atividade não é desprezível uma vez que há o potencial de um grande derrame (Walker *et al.*, 2003).

Na tentativa de minimizar os riscos da atividade e evitar que os impactos potenciais se transformem em impactos reais, uma série de mudanças vem sendo implementada ao longo do tempo, refletindo em modificações na estrutura dos petroleiros, como a obrigatoriedade do casco duplo e do lastro segregado, e nas práticas de navegação (Ullring, 1997). A obrigatoriedade do casco duplo reduz a probabilidade da carga transportada ser derramada no meio ambiente quando da ocorrência de acidentes que geram avarias no casco do navio.

Ao transporte marítimo pode-se atribuir uma série de impactos, tais como emissões atmosféricas, geração de resíduos, utilização de tintas tóxicas e transferência de espécies exóticas através da água de lastro (IMO, 2004). Sendo petróleo e derivados a carga transportada, há o risco de impacto ambiental resultante do derramamento da carga para o mar, seja proveniente de um acidente, ou durante operações rotineiras como carga e descarga (ITOPF, 2003). Sendo assim, a poluição marinha por hidrocarbonetos de petróleo ocorre de forma crônica como resultado de uma ação rotineira de manutenção dos navios e

constantes descargas nos portos e terminais, e de forma aguda como resultado de eventuais derrames no meio ambiente em função de acidentes com petroleiros.

Define-se como poluição uma descarga para o meio ambiente de matéria ou energia originadas pelas atividades humanas, cuja quantidade altera negativa e significativamente a qualidade do meio receptor, resultando em efeitos adversos, como danos aos recursos vivos e à saúde e atividades humana, levando a uma perda da qualidade de vida (Poffo, 2000; Marques Júnior *et al.*, 2002).

A poluição por óleo, por seu aspecto destruidor, destaca-se como sendo uma das mais agressivas à sociedade, mesmo diante de atividades rotineiras que geram efeitos a longo prazo sobre o meio ambiente e a economia, como o desenvolvimento desestruturado em áreas costeiras e a pesca comercial (White & Molloy, 2001).

Um derrame de óleo pode gerar uma série de impactos sobre os organismos e os ecossistemas e em atividades costeiras, prejudicando atividades recreativas como banho de praia, mergulho, pescaria, e gerando contestações por parte da população, do comércio (hotéis, restaurantes, turismo), do governo local, de indústrias que usam recursos do mar e outros setores da sociedade que se utilizam do ambiente afetado (Khanna & Barua, 2001).

A relevância deste trabalho baseia-se no fato de que a maior parte do petróleo e dos produtos refinados é transportada por navios petroleiros (Brasil Marítimo, 2002), constituindo-se esta atividade em uma das principais causas da poluição acidental por óleo na costa brasileira.

De um modo geral, a bibliografia referente à poluição por petróleo e derivados na costa brasileira é voltada ao estudo dos impactos ambientais causados por determinado acidente em determinada área, carecendo de uma abordagem mais ampla que contextualize os acidentes no litoral brasileiro. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar dados do transporte marítimo de petróleo e derivados realizado pelos navios petroleiros (principal meio de transporte de petróleo e derivados no Brasil), e os volumes derramados por estes ao

longo da costa brasileira no período de 1996 à 2002, possibilitando evidenciar os pontos críticos do litoral e os impactos aos quais estão sujeitos.

O desenvolvimento deste trabalho inicia-se com uma ampla abordagem do transporte de petróleo e derivados no Brasil, apresentando dados dos modais ferroviário, dutoviário e aquaviário bem como da movimentação nos portos e nos terminais. Após esta abordagem generalista, ganha ênfase o transporte marítimo de petróleo e derivados na costa brasileira, sendo os principais pontos os dados da Frota Nacional de Petroleiros (FRONAPE), que constitui a maior transportadora de petróleo e derivados do país, e os acidentes ocorridos no período de 1996 à 2002.

Em seguida, são apresentadas as características físicas e químicas dos hidrocarbonetos bem como o comportamento destes no meio ambiente, subsidiando o entendimento dos impactos sobre os organismos e os ecossistemas costeiros, posteriormente abordados. Nesta fase são apresentadas as características dos derrames ocorridos no período de 1996 à 2002, e ainda os impactos inerentes à navegação, como a geração de resíduos, a poluição atmosférica e o transporte de organismos exóticos através da água de lastro.



## 2 – MATRIZ DE TRANSPORTE

---

Neste capítulo o objetivo é uma visão geral da estrutura de transporte no país, aprofundando-se no transporte de cargas e, ainda mais especificamente, na movimentação do petróleo e seus derivados em território nacional.

São abordados os modais: ferroviário, dutoviário e aquaviário, além dos terminais. Quanto ao modal rodoviário, não foram encontrados dados relativos ao transporte de petróleo e derivados e sim à distribuição<sup>1</sup> de combustíveis.

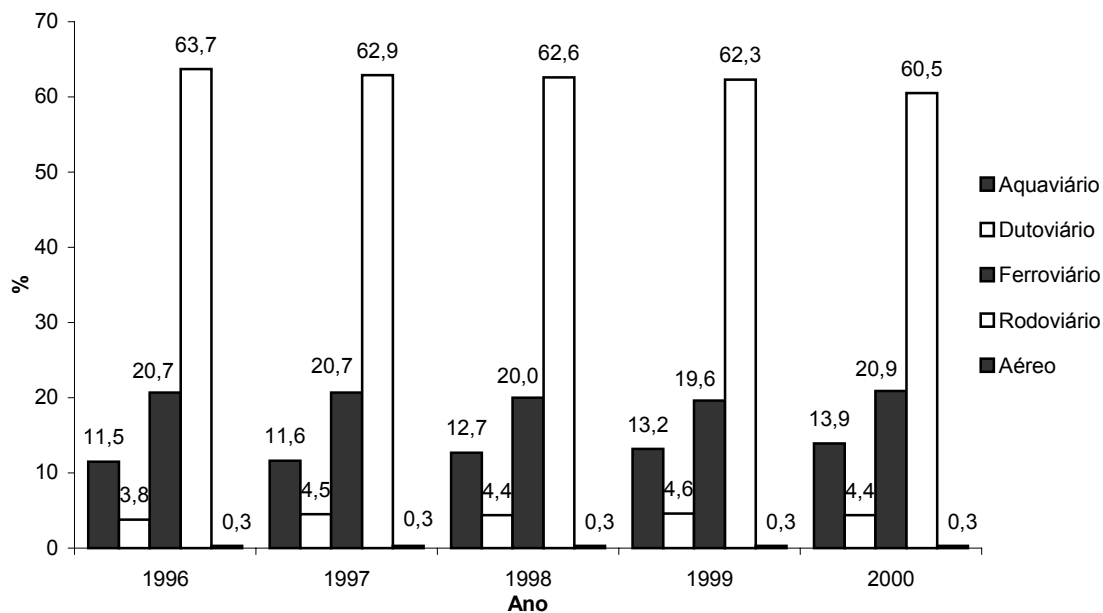
Segundo Oliveira (1993), o transporte de hidrocarbonetos no país vincula-se a três funções: o escoamento da produção dos campos de exploração para instalações de armazenamento e de processamento, a importação e exportação de petróleo bruto e derivados e a distribuição dos produtos processados. Para que tais objetivos sejam atendidos torna-se imprescindível a combinação de meios de transporte e instalações. Tem-se, então, a integração de dutos, terminais e navios petroleiros e, de forma complementar os transportes ferroviário e rodoviário.

Cada modal, com suas características próprias, atende da melhor maneira interesses distintos. Por exemplo, para pequenas distâncias o transporte rodoviário é imbatível. Da mesma forma, o modal ferroviário mostra-se o mais adequado em distâncias médias e o navio é o mais indicado para o transporte a longas distâncias (Trade and Transport, 2001).

De acordo com dados da Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes – GEIPOT (2001), na matriz de transportes englobando todos os tipos de carga transportadas no país entre 1996 e 2000, mais da metade das cargas transportadas no país segue por rodovias. A participação dos outros modais de acordo com o percentual de carga transportada é: ferroviário > aquaviário > dutoviário > aéreo (Figura 2.1).

---

<sup>1</sup> Distribuição de Combustível – entrega dos produtos aos postos de venda, quase toda processada por caminhões-tanque.



**Figura 2.1-** Composição percentual de cargas transportadas no Brasil entre 1996 e 2000, por modo de transporte.

Fonte: GEIPOT (2001)

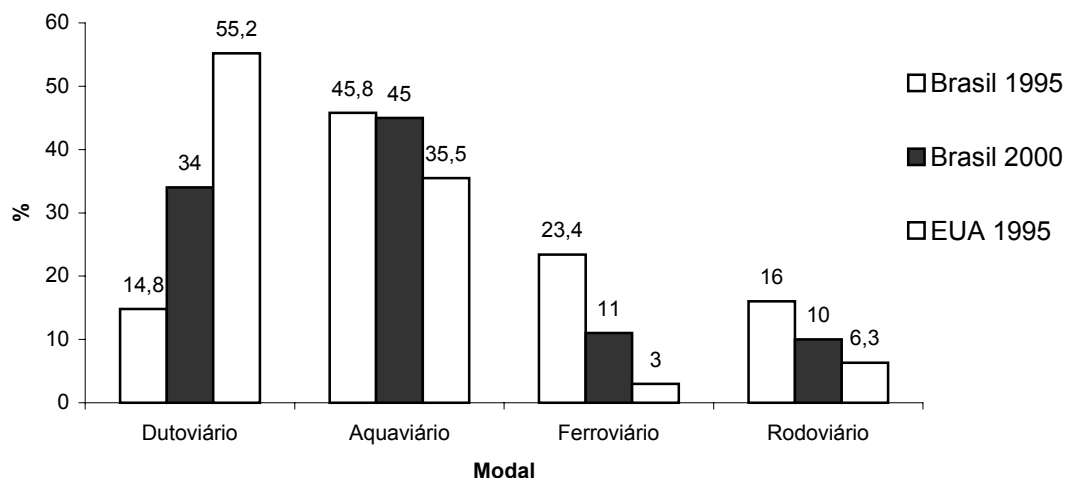
A participação do transporte rodoviário de cargas vem aumentando consideravelmente desde o pós-guerra, registrando-se 38% em 1950 e 63,7% em 1996 (Ribeiro *et al.*, 2000). Segundo a autora, tal fato foi registrado em todo o mundo e deve-se à facilidade de implantação deste modal no transporte de carga.

O transporte aquaviário, em 1950, representava 32% da movimentação de cargas no Brasil, justificando-se a queda para os níveis atuais em torno de 13% pela redução no transporte via navegação de cabotagem devido à concorrência do modal rodoviário e à concentração do transporte fluvial na região norte com reduzida atividade econômica (Ribeiro *et al.*, 2000).

Em relação aos outros modais, o aéreo apresenta participação ainda pouco significativa no transporte de cargas, apresentando, no entanto, crescimento principalmente na movimentação de bens de alto valor agregado (Ribeiro *et al.*, 2000).

## 2.1- A estrutura do transporte de hidrocarbonetos

Tratando-se especificamente do transporte de petróleo e derivados, o percentual de participação dos modais nos anos de 1995 e 2000 no Brasil e no ano de 1995 nos EUA pode ser verificado na Figura 2.2 (Portos e Navios, 2001).



**Figura 2.2-** Percentual de participação dos modais no transporte de petróleo e derivados no Brasil (1995 e 2000) e EUA (1995).

Fonte: Portos e Navios (2001).

Diferentemente da tendência de transporte de cargas nos EUA, conforme observado na figura acima, o modal com menor participação no transporte de petróleo e derivados no Brasil é o rodoviário seguido pelos modais ferroviário, dutoviário e aquaviário, sendo este último o de maior participação visto a grande produção de petróleo no país estar concentrada na exploração *offshore*. Como exemplo da grande importância do modal aquaviário no transporte de hidrocarbonetos no Brasil podemos citar a Bacia de Campos que, em 2002, foi responsável por 82,5% (438.292 mil barris) da produção nacional de petróleo (ANP, 2003) e tem 80% de sua produção total escoada por navios e o restante (20%) via dutos (Brasil Energia, 2002).

Referindo-se ainda ao mesmo gráfico, observa-se um aumento na participação dos dutos, que em 1995 respondiam por 14,8% da movimentação de petróleo e derivados passando a 34% em 2000. Inversamente à tendência de crescimento do referido modal, houve uma redução na utilização dos transportes ferroviário e rodoviário.

### **2.1.1- Transporte Ferroviário**

Dentre as características do modal ferroviário destaca-se a capacidade para o transporte de grandes volumes, com elevada eficiência energética, principalmente a médias e grandes distâncias. Além disso, quando comparado ao transporte rodoviário, apresenta maior segurança registrando menor índice de acidentes, de furtos e roubos (ANTT, 2003).

De acordo com a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2003) a malha ferroviária brasileira é a maior da América Latina em termos de carga transportada chegando, em 2001, a 162,2 bilhões de TKU<sup>1</sup>. Está concentrada nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste e atende parte do Centro-Oeste e Norte do país, totalizando 29.706 quilômetros de extensão. São cargas típicas do modal ferroviário: produtos siderúrgicos, grãos, minério de ferro, cimento e cal, adubos e fertilizantes, derivados de petróleo, calcário, carvão mineral e contêineres.

No Anuário Estatístico das Ferrovias do Brasil 2001 (STT, 2001) e no Relatório Anual de Acompanhamento das Concessões Ferroviárias de 2002 (ANTT, 2003), encontram-se dados relativos a movimentação de cargas de cada ferrovia bem como as características referentes às malhas ferroviárias.

Nos estudos supracitados constam um total de 15 ferrovias operando em 2000 e 11 em 2002. Em ambos, das ferrovias em operação, registrou-se fluxo de petróleo e derivados em sete.

---

<sup>1</sup> TKU (Tonelada Quilômetro Útil) – representa o somatório dos produtos das TU (Tonelada Útil Tracionada) tracionadas pelas distâncias de transporte na própria malha, inclusive de tráfego mútuo e de direito de passagem.

A Tabela 2.1 apresenta a quantidade transportada, por ferrovia, de derivados de petróleo conforme o Anuário Estatístico das Ferrovias do Brasil 2001 e o Relatório Anual de Acompanhamento das Concessões Ferroviárias de 2002 (ANTT, 2003).

**Tabela 2.1-** Toneladas de petróleo e derivados transportadas em ferrovia no Brasil entre os anos de 1997 e 2002.

Ferrovia	Produtos	TU <sup>1</sup> Milhões					
		1997	1998	1999	2000	2001	2002
FCA	Derivados de Petróleo	2,17	2,05	1,87	1,60	1,77	1,38
EFC	Combustível	0,42	0,40	0,38	0,39	0,47	0,58
CFN	Óleo combustível	---	0,09	---	---	0,01	0,003
	Gasolina	---	0,05	0,06	0,07	0,06	0,07
	Óleo Diesel	---	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21
NOVOESTE	Derivados de Petróleo	0,76	0,39	0,36	0,34	0,40	0,43
FERROBAN	Derivados de Petróleo	---	2,90	---	0,09	---	---
	Gasolina	0,87	---	0,45	0,25	0,32	0,24
	Óleo combustível	0,26	---	0,32	0,45	0,50	0,02
	Óleo Diesel	1,94	---	1,09	0,78	1,03	1,40
EFVM	Derivado Claro de Petróleo	0,40	0,37	0,30	0,38	---	---
	Derivado Escuro de Petróleo	0,11	0,10	0,08	0,05	---	---
ALL	Derivado Claro de Petróleo	1,54	1,80	---	---	0,65	0,45
	Óleo Diesel	---	---	1,38	1,47	1,84	2,01

--- Ausência de dados

Fonte: STT (2001); ANTT (2003)

Ao longo dos anos, a maior atuação das ferrovias no transporte de derivados de petróleo tem sido nas regiões Sul (ALL), Sudeste (FERROBAN e FCA), Nordeste (FCA) e Centro-Oeste (FCA). Em 2002, a maior quantidade de derivados de petróleo transportada por ferrovias foi através da ALL que atende a região Sul do país.

<sup>1</sup> TU (Tonelada Útil Tracionada) – Total de carga movimentada na malha, no transporte remunerado.

A relação entre a quantidade de carga total transportada e a quantidade de derivados de petróleo movimentada em cada uma das ferrovias mencionadas na Tabela 2.1 é apresentada nas Tabelas 2.2 a 2.8. As características das sete ferrovias relacionadas abaixo são descritas no Anexo I.

**Tabela 2.2-** Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela Companhia Ferroviária do Nordeste S.A. (CFN) de 1997 à 2002.

	TU Milhões					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>Derivados de Petróleo</b>	---	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3
<b>Total Transportado</b>	---	1,3	1,7	1,4	1,2	1,2
<b>% derivado petróleo transportado</b>	---	22,7	12,9	18,2	22,7	23,2

--- Ausência de dados

Fonte: STT (2001); ANTT (2003)

**Tabela 2.3-** Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela Estrada de Ferro Carajás (EFC) de 1997 à 2002.

	TU Milhões					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>Derivados de Petróleo</b>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6
<b>Total Transportado</b>	49,3	50,1	47,1	51,9	57,2	58,9
<b>% derivado petróleo transportado</b>	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	1,0

Fonte: STT (2001); ANTT (2003)

**Tabela 2.4-** Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) de 1997 à 2002.

	TU Milhões					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>Derivados de Petróleo</b>	0,5	0,5	0,4	0,4	---	---
<b>Total Transportado</b>	106,9	104,7	100	111,8	108,7	113,6
<b>% derivado petróleo transportado</b>	0,5	0,5	0,4	0,4	---	---

--- Ausência de dados

Fonte: STT (2001); ANTT (2003)

**Tabela 2.5-** Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela Ferrovia Bandeirantes S.A. (FERROBAN) de 1997 à 2002.

	TU Milhões					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>Derivados de Petróleo</b>	3,1	2,9	1,9	1,6	1,5	1,4
<b>Total Transportado</b>	13,1	13,1	14,7	11,7	20,3	20,7
<b>% derivado petróleo transportado</b>	23,4	22,1	12,6	13,4	7,4	6,8

Fonte: STT (2001); ANTT (2003)

**Tabela 2.6-** Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela Ferrovia Centro-Atlântica S.A. (FCA) de 1997 à 2002.

	TU Milhões					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>Derivados de Petróleo</b>	2,2	2,1	1,9	1,6	1,8	1,4
<b>Total Transportado</b>	16,9	18,1	18,3	19,6	21,2	22
<b>% derivado petróleo transportado</b>	13	11,6	10,4	8,2	8,5	6,4

Fonte: STT (2001); ANTT (2003)

**Tabela 2.7-** Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela Ferrovia Novoeste S.A. (NOVOESTE) de 1997 à 2002.

	TU Milhões					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>Derivados de Petróleo</b>	0,8	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
<b>Total Transportado</b>	2,5	3,0	2,7	2,7	2,5	2,5
<b>% derivado petróleo transportado</b>	30,4	13	13,3	12,6	16	16

Fonte: STT (2001); ANTT (2003)

**Tabela 2.8-** Transporte de Derivados de Petróleo (TU) pela América Latina Logística do Brasil S.A. - antiga Ferrovia Sul-Atlântico - (ALL) de 1997 à 2002.

	TU Milhões					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>Derivados de Petróleo</b>	1,54	1,8	1,4	1,5	2,5	2,5
<b>Total Transportado</b>	11,4	15,1	16,8	17,5	18,0	18,6
<b>% derivado petróleo transportado</b>	13,5	11,9	8,3	8,6	13,9	13,4

Fonte: STT (2001); ANTT (2003)

Em 2002, do total de cargas transportadas em cada ferrovia, o maior percentual de derivados de petróleo foi transportado pela ferrovia CFN que atende a região Nordeste do país.

### 2.1.2- Transporte Dutoviário

Dentre os meios de transporte terrestre, rodoviário, ferroviário e dutoviário, tem-se este último como o mais econômico para grandes volumes e de alta eficiência energética, pois somente a carga se move (Ribeiro *et al.*, 2000).



Os dutos são considerados um dos meios de transporte de petróleo e derivados mais seguros do mundo, levando o petróleo aos navios petroleiros, terminais e refinarias. Podem ser classificados como dutos de transferência ou transporte de acordo com a função desempenhada nas operações. Sendo assim, dutos de transporte têm vários clientes como destino e dutos de transferência interessam somente a uma mesma entidade ou, eventualmente, a duas entidades distintas. Dessa maneira, as linhas de derivados e álcool são todas de transporte porque podem atender às bases dos distribuidores operantes e, as linhas de petróleo são de transferência quando só interessam a PETROBRAS (Brasil Energia, 2000a).

Na Tabela 2.9, são apresentado os dados relativos à quantidade e extensão de dutos em operação, por função, segundo produtos movimentados durante o ano de 2002 (ANP, 2003).

**Tabela 2.9-** Quantidade e extensão de dutos no Brasil, por função, em Dezembro de 2002.

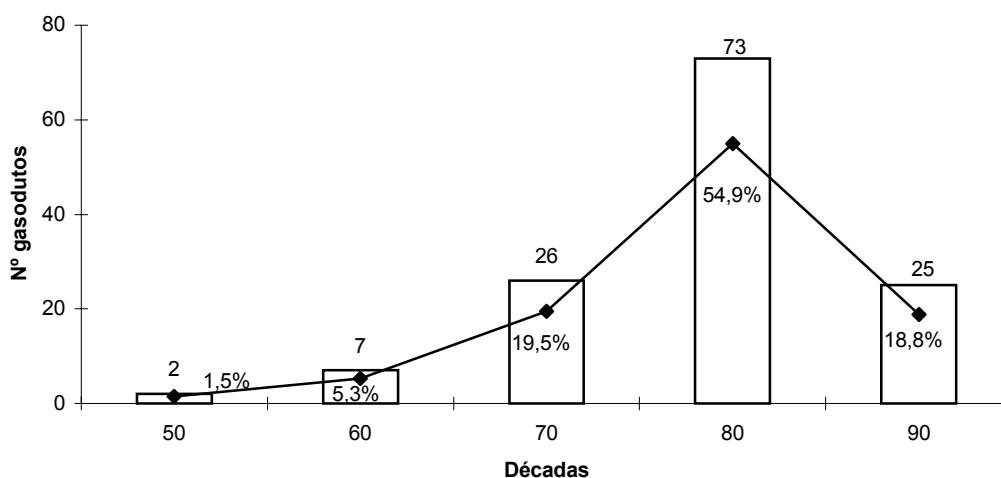
Produtos movimentados	Dutos em operação		
	Função	Quantidade	Extensão (km)
<b>Derivados</b>	Transferência	192	743
	Transporte	93	4.797
<b>Gás Natural</b>	Transferência	57	2.213
	Transporte	22	5.412
<b>Petróleo</b>	Transferência	24	1.903
<b>Outros *</b>	Transferência	19	14
	Transporte	4	16
<b>Total</b>		<b>411</b>	<b>15.098</b>

\* Inclui dutos para movimentação de álcool anidro, álcool hidratado, agurrás e metanol.

Fonte: ANP (2003)

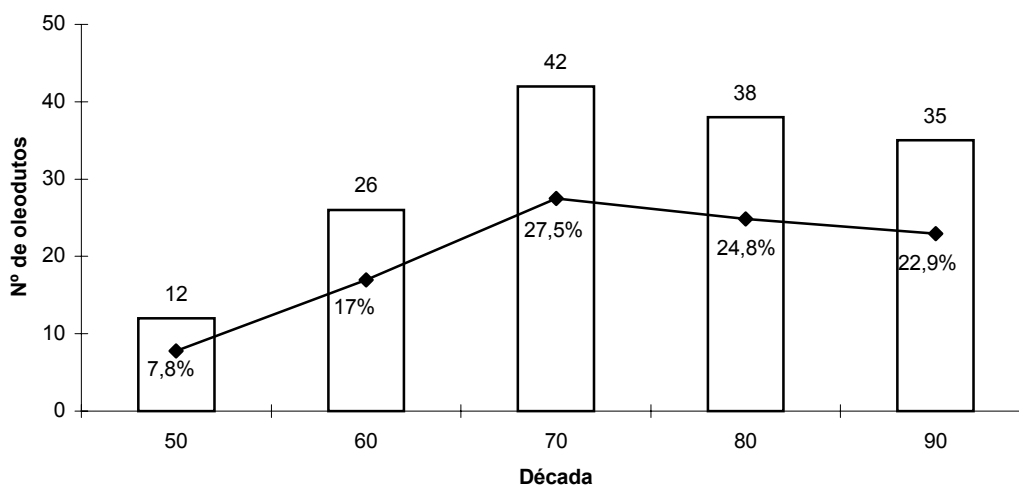
No Brasil os tipos dutoviários mais utilizados são os gasodutos e oleodutos. Estão localizados em maior escala nas regiões costeiras - interligando as plataformas com terminais e estes entre si e as refinarias.

Nas Figuras 2.3 e 2.4 é possível observar que mais da metade (54,9%) das linhas de gasodutos iniciaram operação na década de 80 enquanto que 75,2% dos oleodutos iniciaram operação nas décadas de 70, 80 e 90, sendo em porcentagens de 27,5%; 24,8% e 22,9% respectivamente.



**Figura 2.3-** Número e porcentagem de linhas dutoviárias (gasodutos) no país por década.

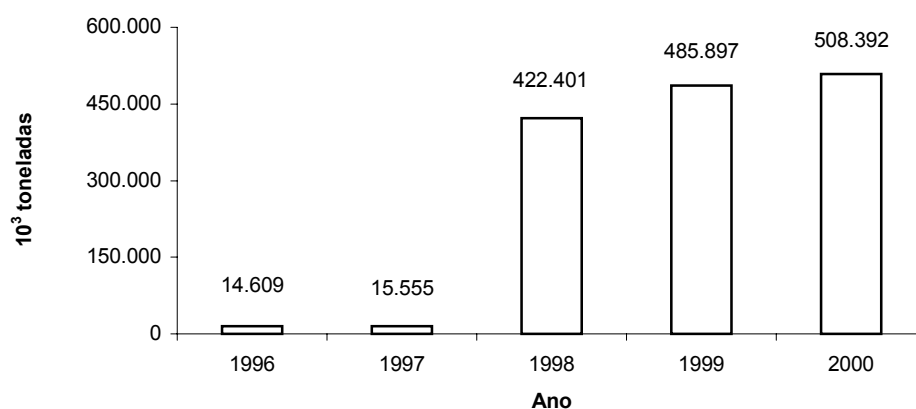
Fonte: GEIPOT, 2001



**Figura 2.4-** Número e porcentagem de linhas dutoviárias (oleodutos) no país por década.

Fonte: GEIPOT, 2001

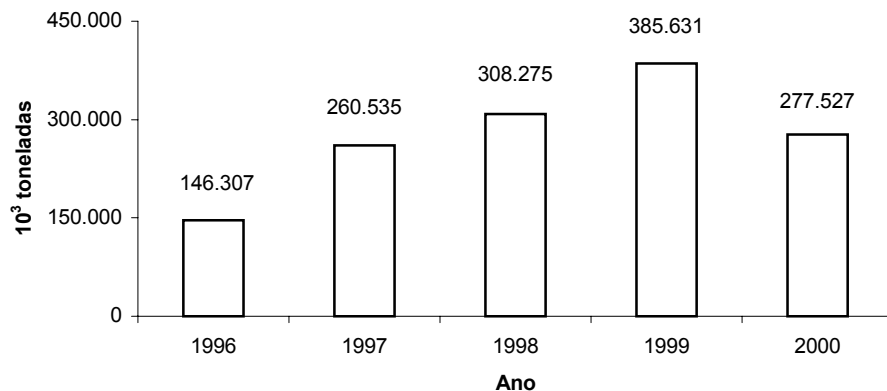
No ano 2000, os gasodutos em operação transportaram um total de  $508.392 \times 10^3$  toneladas de gás (GEIPOT, 2001). Acompanhando a evolução da quantidade de gás transportado via gasodutos de 1996 até o ano 2000 tem-se um aumento de 3.479,99%, passando de  $14.609 \times 10^3$  para  $508.392 \times 10^3$  toneladas. Em apenas um ano (1997 a 1998) registrou-se um acréscimo de 2.715,53% na quantidade transportada (de  $15.555 \times 10^3$  para  $422.401 \times 10^3$  toneladas) não havendo registro, para o mesmo período, de gasodutos que tenham iniciado operação (Figura 2.5). Tal fato deve-se à intensificação na produção de gás natural neste período.



**Figura 2.5-** Evolução do transporte de gás natural via gasodutos nos anos de 1996 a 2000.

Fonte: GEIPOT, 2001

Os oleodutos transportaram no ano 2000 um total de  $277.527 \times 10^3$  toneladas de álcool, petróleo e derivados (Figura 2.6).



**Figura 2.6-** Evolução do transporte via oleodutos nos anos de 1996 a 2000.  
Fonte: GEIPOT, 2001

O modal dutoviário representou a segunda maior via de escoamento de petróleo e derivados no Brasil, com aumento de aproximadamente 19,2 pontos percentuais entre os anos de 1995 e 2000.

### 2.1.3- Transporte Aquaviário

Entende-se por transporte aquaviário aquele que se utiliza de uma via aquática para a navegação, seja esta interior, costeira (cabotagem) ou destinada a percursos de longo curso cruzando os oceanos.

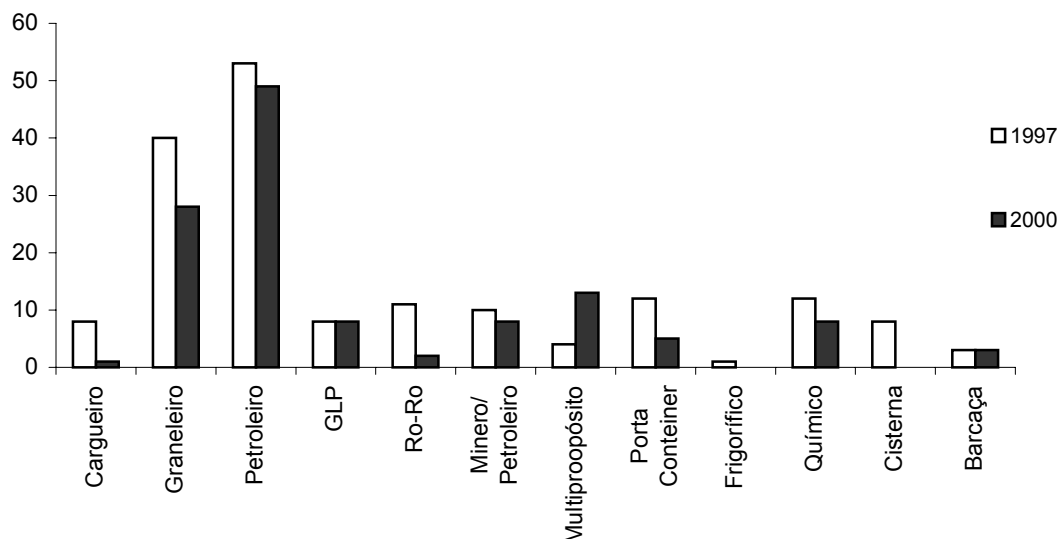
Apesar da queda registrada no transporte aquaviário brasileiro, anteriormente citada, constata-se uma tendência de crescimento deste modal (Ribeiro *et al.*, 2000), principalmente na navegação de cabotagem devido à concentração da atividade econômica na região costeira. No entanto, segundo os mesmos autores, atualmente a constatação deste modal nas estatísticas refere-se ao transporte de petróleo e derivados ao longo da costa, representando cerca de 80% do total de cargas transportadas por este modal.

Diversas são as cargas transportadas por navios: cargas embaladas, granéis sólidos e líquidos, veículos, containeres, produtos perecíveis, carga frigorífica, produtos químicos,

entre outras. A frota mercante brasileira é composta por embarcações de diversos tipos, tais como:

- Cargueiro: navio especialmente projetado para transporte de todo tipo de carga embalada.
- Graneleiro: Navio projetado para o transporte de cargas a granel, podendo ser granel sólido ou líquido.
- Petroleiro: navio especialmente projetado para transporte de petróleo e derivados.
- GLP: navio especialmente projetado para transporte de gás liquefeito.
- RO-RO: Roll on-Roll off – Tipo de navio com uma rampa na popa ou na proa por onde os veículos transportados entram e saem de bordo diretamente do/para o cais.
- Minero-Petroleiro: navio destinado ao transporte de minério e petróleo.
- Multipropósito: navio projetado para o transporte de cargas embalada solta e contêineres.
- Porta-Contêiner: navio especialmente projetado para transporte de contêineres.
- Frigorífico: navio projetado para o transporte de carga frigorífica ou perecível.
- Químico: navio especialmente projetado para transporte de produtos químicos.
- Cisterna: navio utilizado para o armazenamento da produção de petróleo.
- Barcaça

Na Figura 2.7 é apresentada a composição da frota mercante brasileira em 1997 e em 2000.



**Figura 2.7-** Quantidade de embarcações, por tipo, existentes nos anos de 1997 e 2000 no Brasil.

Fonte: ANTAQ (2002)

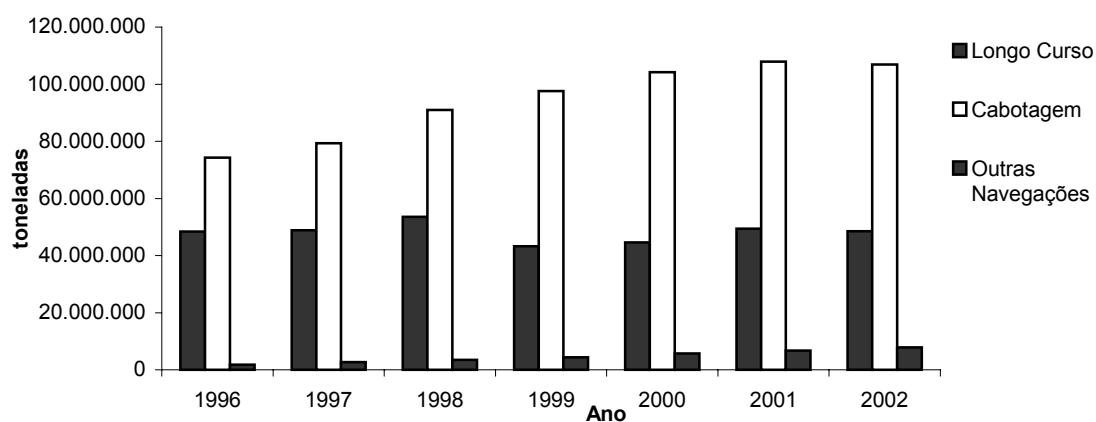
No ano 2002, a quantidade total de cargas transportadas por via aquaviária foi de 529.005.051 toneladas. No mesmo ano, a quantidade de granéis líquidos (163.135.324 toneladas) foi correspondente a 30,8% do total de cargas. Acompanhando os índices desde 1996 até o ano 2002, a representação dos granéis líquidos no total de cargas transportadas gira em torno de 32,3% (Tabela 2.10).

**Tabela 2.10-** Percentual de Granéis Líquidos transportados no Brasil entre os anos de 1996 e 2002.

Ano	Carga Total (t)	Granéis Líquidos (t)	% granéis líquidos
1996	386.384.031	124.509.678	32,2
1997	414.239.765	130.878.306	31,6
1998	443.004.594	148.010.962	33,4
1999	435.709.897	145.254.561	33,3
2000	478.059.521	154.386.971	32,3
2001	506.206.884	163.986.765	32,4
2002	529.005.051	163.135.324	30,8

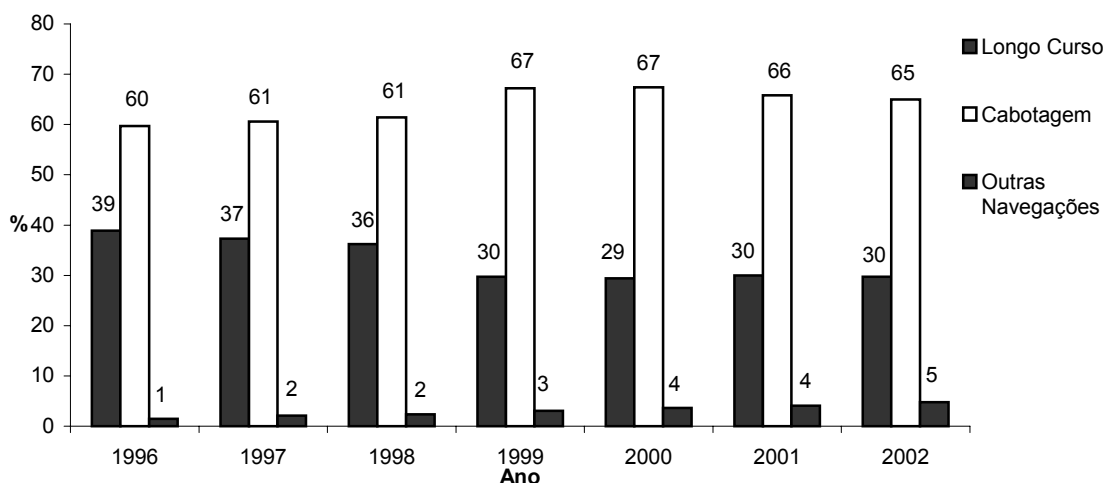
Fonte: ANTAQ (2001); ANTAQ (2002); ANTAQ (2003)

Dividindo o transporte aquaviário em navegação de cabotagem, navegação de longo curso e outras navegações pode-se observar, nas Figuras 2.8 e 2.9, a participação de cada uma delas no transporte de grânéis líquidos.



**Figura 2.8-** Evolução da quantidade de grânéis líquidos transportados no período de 1996-2002.

Fonte: ANTAQ (2001); ANTAQ (2002); ANTAQ (2003)



**Figura 2.9-** Evolução do percentual de grânéis líquidos transportados em cada tipo de navegação no período de 1996 à 2002.

Fonte: ANTAQ (2001); ANTAQ (2002); ANTAQ (2003)

Da quantidade total de cargas movimentadas, no ano 2002, na navegação de longo curso 13,1% foram graneis líquidos. Na navegação de cabotagem os graneis líquidos corresponderam a 78% do total e em outras navegações 36,8%.

Restringindo-se à movimentação de petróleo e seus derivados, observa-se na Tabela 2.11 a movimentação dos mesmos, em detalhes, por porto, conforme dados referentes ao ano 2000 do Anuário Estatístico Portuário (Departamento de Portos, 2000).

**Tabela 2.11-** Dados da movimentação de petróleo e derivados nos portos brasileiros no ano de 2000 <sup>1</sup>. (continua)

Porto / Terminal	Localização	Cargas desembarcadas	Cargas embarcadas
Porto de Santos	SP	28.987t gasóleo	Consumo de bordo: 593.880t combustível 131.192t óleo diesel 1.983.126t óleo combustível 1.265.100t óleo diesel 1.449.858t gasolina
Porto de Vitória	Baía de Vitória -ES	112.427t óleo diesel (CB) 56.174t gasolina (CB)	-
Terminal de Regência	ES	-	545.822t petróleo (CB)
Porto de Suape	PE	410.677t óleo diesel (LC) 120.894t QAV (LC) 460.524t gasolina (CB) 460.110 t diesel (CB) 64.837t QAV (CB)	11.354t gasolina (CB) 19.016t QAV (CB) 134.270t diesel (CB)
Terminal de Tubarão	ES	257.023t óleo combustível 2H (CB)	—
Porto de Vila do Conde	PA	411.582 t óleo combustível (CB) 1639t óleo combustível (ON)	105.650t óleo combustível (ON)

<sup>1</sup> Nos Anuários Estatísticos referentes aos anos de 2001 e 2002 não foram disponibilizados dados detalhados da movimentação de petróleo e derivados nos portos brasileiros.



(continuação)

<b>Porto / Terminal</b>	<b>Localização</b>	<b>Cargas desembarcadas</b>	<b>Cargas embarcadas</b>
Terminal Inácio Barbosa	SE	89.940t coque de petróleo (LC)	10.307t óleo diesel (ON)
Terminal Marítimo da Petrobras/E&P – Seal/Se	SE	-	1.988.128t petróleo (CB)
Porto de São Francisco do Sul – Terminal da Petrobrás	SC	1.658.584t petróleo cru (LC) 8.188.457t petróleo cru (CB)	–
Porto de São Sebastião – Terminal da Petrobras - Tebar	SP	3.554.163t petróleo (LC) 851.017t diesel (LC) 54.175t óleo combustível (LC) 191.258t QAV (LC) 29.831t gasolina (LC) 72.924t óleo (LC) 35.079.446t petróleo (CB) 241.811t óleo combustível (CB) 59.843t diesel (CB) 176.446t gasóleo (CB) 112.585t QAV (CB) 154.835t óleo (CB) 27.478t gasolina (CB)	176.295t petróleo (LC) 403.031t petróleo (CB) 247.911t diesel (CB) 487.879t gasolina (CB) 8.639t óleo combustível (CB) 42.438t gasóleo (CB) 11.062t QAV (CB)
Porto de Porto Velho – Terminal da Petrobrás	RO	421.589t óleo disel (ON) 30.491t gasolina (ON) 21.950t QAV (ON)	-
Porto de Recife	PE	173.890t derivados de petróleo (CB)	–
Porto de Santarém	PA	6.785t gasolina de aviação (ON) 901.072t gasolina (ON) 32.210t óleo diesel (ON)	3.233t gasolina (ON) 27.255t óleo diesel (ON)
Porto de Porto Alegre – Terminal da Copesul	Triunfo - RS	24.574t derivados de petróleo (LC)	101.471t derivados de petróleo (LC) 8.787t derivados de petróleo (CB) 408.724t derivados de petróleo (ON)

(continuação)

<b>Porto / Terminal</b>	<b>Localização</b>	<b>Cargas desembarcadas</b>	<b>Cargas embarcadas</b>
Porto de Porto Alegre – Terminal da Petrobras - Tedit	Tramandaí - RS	3.631.131t petróleo (LC) 9.781t gasolina (LC) 2.302.578t petróleo e derivados (CB) 17.841t gasolina (CB)	66.658t óleo diesel (CB)
Porto de Porto Alegre – Terminal da Petrobras – Transpetro – Dtsul – Gerig	Canoas – RS	243.569t óleo combustível 1 AM (ON) 64.224t óleo diesel marítimo (ON) 39.097t óleo ciclo leve LCO (ON)	–
Porto de Rio Grande	RS	789.159t derivados de petróleo (LC) 112.494t derivados de petróleo (CB) 718.565t derivados de petróleo (ON)	323.547t óleo combustível (LC)
Porto de Rio Grande – Fora do cais	Rio Grande - RS	3.162t óleo ciclo leve (LC) 1.693t derivados de petróleo (ON)	25.722t derivados de petróleo (LC) 6.918t derivados de petróleo (CB) 18.976t derivados de petróleo (ON)
Porto do Rio de Janeiro	Baía de Guanabara - RJ	18.911t derivados de petróleo (LC) 585.551t petróleo (LC) 30.682t petróleo (CB) 38.845t derivados de petróleo (CB)	–
Porto do Rio de Janeiro – Terminal da Petrobras – GEGUA/ Ilha D'Água	Baía de Guanabara - RJ	40.000t petróleo cru (LC) 325.196t derivados de petróleo (LC) 3.175.262t petróleo (CB) 790.071t derivados de petróleo (CB)	12.014t petróleo cru (LC) 456.359t derivados de petróleo (LC) 537.348t petróleo (CB) 2.689.002t derivados de petróleo (CB)

(continuação)

<b>Porto / Terminal</b>	<b>Localização</b>	<b>Cargas desembarcadas</b>	<b>Cargas embarcadas</b>
Porto de Manaus – Terminal da Petrobras (REMAN)	Manaus - AM	171.770t petróleo (LC) 1.072.527t derivados de petróleo (LC) 1.524.701t petróleo (CB) 339.965t derivados de petróleo (CB)	254.037t petróleo (CB) 272.419t derivados de petróleo (CB)
Porto de Manaus – Coordenadora de Abastecimento Área Manaus (COMAO)	Manaus - AM	–	274.985t gasolina (ON fluvial) 236.328t óleo combustível (ON fluvial) 1.363.956t diesel (ON fluvial) 146.025t QAV (ON fluvial)
Porto de Pelotas	Pelotas - RS	8.423t coque de petróleo (ON lacustre)	–
Porto de Maceió	Maceió - AL	16.000t coque de petróleo (LC) 80.258t gasolina (CB) 220.718t óleo diesel (CB)	256.742t petróleo bruto (CB)
Porto de Natal	Natal - RN	–	563t óleo diesel (CB) 252t gasolina (CB)
Porto de Natal – Terminais da Petrobras (Natal e Macau)	Natal - RN	52.669t óleo diesel (CB) 105.733t gasolina (CB) 34.261 t QAV (CB)	4.804.857t petróleo (CB) 154t óleo diesel (CB)
Porto de Paranaguá	Baía de Paranaguá - PR	204.493t derivados de petróleo (LC) 96.306t derivados de petróleo (CB)	79.148t derivados de petróleo (LC) 1.526.031t derivados de petróleo (CB)
Porto de Angra dos Reis – Terminal da Petrobras (GEBIG)	Baía de Ilha Grande - RJ	4.335.791t petróleo cru (LC) 3.480.580t petróleo cru (CB) 1.910.825t derivados de petróleo (CB)	367.779t petróleo cru (LC) 202.110t derivados de petróleo (LC) 2.805.840t petróleo cru (CB) 2.794.312t derivados de petróleo (CB)

(continuação)

Porto / Terminal	Localização	Cargas desembarcadas	Cargas embarcadas
Porto de Fortaleza	Enseada de Mucuripe – Fortaleza - CE	348.117t óleo diesel (LC) 304.618t petróleo cru (LC) 61.797t QAV (LC) 17.040t gasolina comum (LC) 2.065t querosene (LC) 3.978t óleo combustível (LC) 1.182t óleo pesado (LC) 10.179t coque de petróleo (CB) 267.636t gasolina (CB) 187.190t óleo diesel (CB) 40.645t óleo combustível (CB) 24.949t gasolina aditivada (CB) 22.279t QAV (CB) 6.502t lubrificantes (CB) 3.859t petróleo cru (CB)	4.439t óleo lubrificante (LC) 15.084t óleo lubrificante (CB) 8.790t QAV (CB) 5.616t petróleo cru (CB) 9.950t lubrificante (CB) 1.105t óleo pesado (CB) 14.439t MF-380-CST (CB)
Porto de Itaqui	Baía de São Marcos – São Luís - MA	2.419.563t derivados de petróleo (LC) 794.588t derivados de petróleo (CB)	37.301t derivados de petróleo (LC) 1.506.388t petróleo e derivados (CB)
Porto de Macapá	Rio Amazonas – AP	47.358t óleo diesel (LC)	-
Porto de Aratu – Terminal Temadre da Petrobrás	Baía de Todos os Santos - BA	1.523.747t óleo cru (LC) 4.773.244t óleo cru (CB)	1.912.111t óleo cru (LC) 227.140t gasolina (CB) 344.606 t óleo diesel (CB) 878.315t óleo cru (CB)
Porto de Belém – Terminal Petroquímico de Miramar	Baía de Guarajá - PA	39.173t QAV (LC) 128.545t óleo diesel (LC) 1.196t querosene de eliminação (LC) 166.772t gasolina comum (CB) 6.252t gasolina de avião (CB) 23.875t querosene de avião (CB) 431.230t óleo diesel (CB) 50.619t OC-1A (CB) 59.293t mistura MF390 (CB) 1.148t querosene (CB) 9.772t óleo diesel (ON fluvial)	32.740t gasolina comum (ON fluvial) 764t querosene de avião (ON fluvial) 89.920t óleo diesel (ON fluvial) 19.389t OC-1A (ON fluvial) 55.917t mistura MF-390 (ON fluvial)

(continuação)

Porto / Terminal	Localização	Cargas desembarcadas	Cargas embarcadas
Porto de Altamira (mesma administração do Porto de Belém)		24.965t derivado de petróleo	1.100t derivado de petróleo
Terminal de Ponta Ubu	Anchieta - ES	18.585t Coque de petróleo (LC) 148.103t óleo 2A (CB)	–

LC= navegação de Longo Curso

CB= navegação de Cabotagem

ON= Outros tipos de Navegação

Fonte: Departamento de Portos (2000)

#### 2.1.4- Terminais

Os terminais são os principais pontos de ligação do navio com a terra viabilizando a movimentação de petróleo, seus derivados e álcool etílico no país. Em 2002 (ANP, 2003) eram 77 com autorização de funcionamento englobando centros coletores de álcool, terminais fluviais, lacustre, marítimos e terrestres, somando 1.108 tanques com capacidade total de armazenamento de 10.577.788 m<sup>3</sup> (Tabela 2.12).

**Tabela 2.12-** Dados relativos à capacidade de armazenamento dos terminais, em 31/12/2002. (continua)

Tipo e nome do terminal (Unidade da Federação)	Capacidade de armazenamento de petróleo, seus derivados e álcool etílico				
	Número de tanques	Capacidade nominal (m <sup>3</sup> )			
		Petróleo	Derivados (exceto GLP)	GLP	Total
<b>Total</b>	<b>1.108</b>	<b>5.370.394</b>	<b>4.887.906</b>	<b>319.488</b>	<b>10.577.788</b>
<b>Centro Coletor de Álcool</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>105.776</b>	<b>-</b>	<b>105.776</b>
Aracaju (SE)	2	-	10.753	-	10.753
Araraquara (SP)	2	-	10.000	-	10.000
Bauru (SP)	2	-	10.000	-	10.000
Brasília (DF)	3	-	15.000	-	15.000
Campos (RJ)	5	-	10.023	-	10.023

(continuação)

Tipo e nome do terminal (Unidade da Federação)	Capacidade de armazenamento de petróleo, seus derivados e álcool etílico				
	Número de tanques	Capacidade nominal (m³)			
		Petróleo	Derivados (exceto GLP)	GLP	Total
Londrina (PR)	2	-	10.000	-	10.000
Ourinhos (SP)	4	-	20.000	-	20.000
Santa Adélia (SP)	2	-	10.000	-	10.000
Sertãozinho (SP)	2	-	10.000		10.000
<b>Terminal Aquaviário</b>	<b>790</b>	<b>3.909.930</b>	<b>2.818.416</b>	<b>239.075</b>	<b>6.967.421</b>
Alemoa (SP)	27	-	271.704	83.002	354.706
Almirante Barroso (SP)	36	1.585.345	426.326	-	2.011.671
Almirante Tamandaré (RJ)	20	-	129.859	-	129.859
Cabedelo (PB)	4	-	10.022	-	10.022
Carmópolis (SE)	8	160.239	-	-	160.239
Cattalini Paranaguá (PR)	21	-	55.800	-	55.800
DIBAL-Santos (SP)	78	-	104.432	-	104.432
Dunas (RN)	6	-	26.642	-	26.642
Fogás - Porto Velho (RO) <sup>1</sup>	-	-	-	-	-
Fogás - Santarém (PA)	6	-	-	680	680
GASA - Andradina (SP)	8	-	24.000	-	24.000
Granel - Ilha Barnabé (SP)	82	-	77.878	-	77.878
Granel - Porto de Itaquí (MA)	11	-	9.620	-	9.620
Granel - Rio Grande (RS)	16	-	35.600	-	35.600
Guamaré (RN)	10	190.142	-	-	190.142
Hiperpetro (ES)	2	-	3.200	-	3.200
Ilha Grande (RJ)	21	870.000	66.200	-	936.200
Ilha Redonda (RJ)	7	-	-	47.115	47.115
Maceió (AL)	14	26.155	30.049	-	56.204
Madre de Deus (BA)	49	-	604.079	52.611	656.690
Miramar (PA)	6	-	37.899	6.360	44.259
Pandenor Ipojuca (PE)	9	-	21.100	-	21.100
Paranaguá (PR)	34	-	174.008	9.600	183.608
Pecém (CE) <sup>2</sup>	-	-	-	-	-
Refinaria de Manguinhos (RJ) <sup>3</sup>	-	-	-	-	-
Regência (ES)	7	42.427	-	-	42.427

(continuação)

Tipo e nome do terminal (Unidade da Federação)	Capacidade de armazenamento de petróleo, seus derivados e álcool etílico				
	Número de tanques	Capacidade nominal (m³)			
		Petróleo	Derivados (exceto GLP)	GLP	Total
REMAN (AM) <sup>4</sup>	-	-	-	-	-
Rio Grande (RS) <sup>5</sup>	7	-	34.294	-	34.294
Rio Grande - COPESUL (RS)	32	-	36.800	2.616	39.416
Santa Clara (RS) <sup>6</sup>	1	-	1.000	-	1.000
São Francisco do Sul (SC)	9	466.622	-	-	466.622
São Luís - Itaquí (MA)	9	-	71.290	4.800	76.090
Solimões (AM)	12	60.000	275	16.351	76.626
Stolthaven Santos (SP)	32	-	55.550	-	55.550
Suape (PE)	11	-	36.852	9.540	46.392
Supergasbras (RS)	12	-	-	1.400	1.400
TEDUT (RS)	16	509.000	192.948	-	701.948
TEMAPE (PE)	7	-	16.000	-	16.000
TENIT (RS)	4	-	17.089	-	17.089
Tequimar - Aratu (BA)	70	-	132.000	-	132.000
Tequimar - Ipojuca (PE)	20	-	31.000	5.000	36.000
TPG - Tegal (BA) <sup>7</sup>	-	-	-	-	-
União-Santos (SP)	64	-	73.900	-	73.900
Vitória (ES)	2	-	11.000	-	11.000
<b>Terminal Terrestre</b>	<b>294</b>	<b>1.460.464</b>	<b>1.963.714</b>	<b>80.413</b>	<b>3.504.591</b>
Barueri (SP)	25	-	199.978	9.571	209.549
Betingás (MG)	22	-	-	2.420	2.420
Brasília (DF)	10	-	70.475	9.516	79.991
Cabiúnas (RJ)	14	485.198	-	4.770	489.968
Campos Elísios (RJ)	12	483.928	68.364	-	552.292
Candeias (BA)	12	-	36.417	-	36.417
ERG Paulínia (SP)	8	-	24.000	-	24.000
Florianópolis (Biguaçu) (SC)	6	-	38.012	-	38.012
Guararema (SP)	12	420.824	589.630	-	1.010.454
Itabuna (BA)	8	-	20.668	4.816	25.484
Itajaí (SC)	10	-	50.023	6.534	56.557
Japeri (RJ)	7	-	38.588	-	38.588

(continuação)

Tipo e nome do terminal (Unidade da Federação)	Capacidade de armazenamento de petróleo, seus derivados e álcool etílico				
	Número de tanques	Capacidade nominal (m <sup>3</sup> )			
		Petróleo	Derivados (exceto GLP)	GLP	Total
Jequié (BA)	9	-	18.310	4.462	22.772
Joinville (Guaramirim) (SC)	5	-	18.063	-	18.063
Refinaria Ipiranga (RS)	20	-	7.500	-	7.500
Ribeirão Preto (SP)	6	-	51.791	6.368	58.159
SEBAT (SP)	15	70.514	93.886	-	164.400
Senador Canedo (GO)	16	-	137.083	20.319	157.402
TEGUAR (SP)	16	-	161.526	-	161.526
Uberaba (MG)	6	-	42.833	-	42.833
Uberlândia (MG)	9	-	45.838	9.549	55.387
Utinga (SP)	19	-	222.592	-	222.592
Utingás-Araucária (PR)	18	-	-	2.088	2.088
Volta Redonda (RJ)	9	-	28.137	-	28.137

<sup>1</sup>Área de armazenamento de GLP na base da Fogás. <sup>2</sup>Terminal para transbordo de navios. <sup>3</sup>O quadro de bóias está interligado com o parque de tanques da Refinaria de Manguinhos. <sup>4</sup>A tancagem utilizada pertence à Refinaria de Manaus. <sup>5</sup>Recebe petróleo para ser utilizado na Refinaria Ipiranga. <sup>6</sup>A Central Petroquímica da COPESUL está diretamente interligada ao cais acostável. A tancagem para recebimento de insumos desta unidade está localizada em sua área. <sup>7</sup>A Central Petroquímica da Braskem está diretamente interligada ao píer de atracação de navios, através de dutos. A tancagem para recebimento de insumos desta unidade está localizada em sua área.

Fonte: ANP (2003)

Em 2002, os terminais aquaviários apresentaram a maior capacidade de armazenamento e o maior número de tanques, correspondentes a 65,9% e 71,3% do total, respectivamente, sendo São Paulo o estado com a maior capacidade de armazenamento e o maior número de tanques: 2.702.137 m<sup>3</sup> em 327 tanques (ANP, 2003).

Conforme apresentado neste capítulo, o transporte aquaviário, principalmente o marítimo, apresenta-se como o modal de maior importância no transporte de petróleo e derivados atualmente no Brasil. Desta forma, o foco deste trabalho, a partir deste ponto, será o transporte marítimo de petróleo e derivados com o objetivo de mostrar sua estrutura e inferir sobre os impactos ambientais associados a esta atividade.



### **3- TRANSPORTE MARÍTIMO DE PETRÓLEO E DERIVADOS**

---

O transporte marítimo de petróleo e derivados pode ser efetuado através da navegação, utilizando-se para tal, navios tanque conhecidos como petroleiros, ou através de dutos submarinos instalados no leito marinho.

Em ambos os casos a ligação destes modais com a terra se dá através dos portos e terminais marítimos localizados nas áreas costeiras, estando nestes últimos concentrada a maior movimentação de petróleo e derivados.

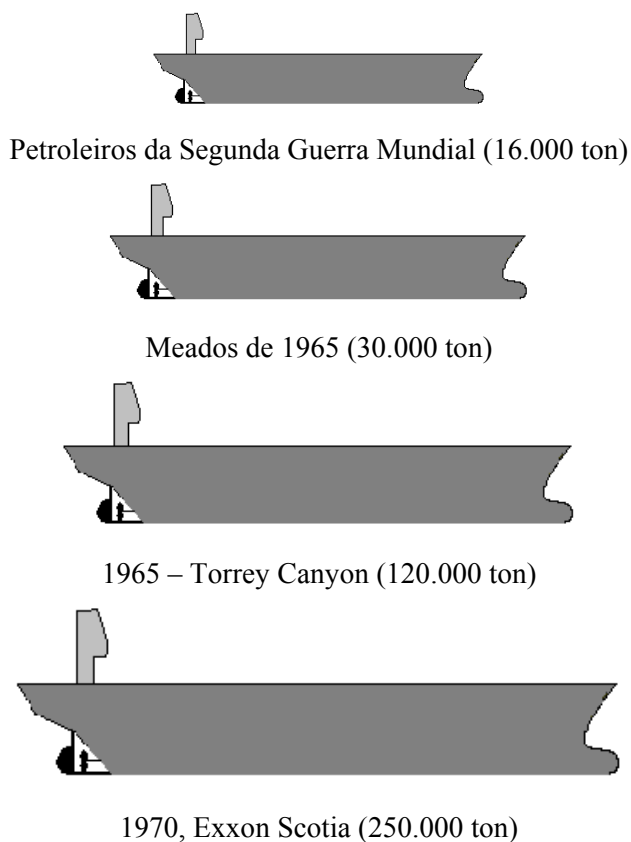
A partir deste capítulo, o foco do trabalho passa a ser o transporte de petróleo e seus derivados via navegação marítima. A relevância de restringir o trabalho apenas ao transporte marítimo pode ser traduzida pelos seguintes dados:

- Os petroleiros transportam mais de 40% de todo o comércio marítimo mundial (INTERTANKO, 2003);
- Dos 530.855 mil barris produzidos no Brasil em 2002, 451.902 mil barris foram extraídos do mar (ANP, 2003), o que representa 85% da produção nacional de petróleo;
- No Brasil, a maior parte do petróleo é transportada por navios petroleiros até o destino final podendo ser este uma refinaria ou a exportação, e ainda, dos produtos refinados, grande parte retorna para bordo para subsequente distribuição ao longo da costa ou no exterior (Brasil Marítimo, 2002).

#### **3.1- Histórico da Navegação**

Após a última grande guerra, quando foi registrado um aumento da demanda mundial de derivados de petróleo, ocorreu uma expansão da frota mundial de petroleiros assim como um aumento no porte dos mesmos, passando da ordem de 20.000 toneladas

para portes em torno de 200.000 toneladas nos meados da década de 70 (Neiva, 1986), conforme apresentado na Figura 3.1.



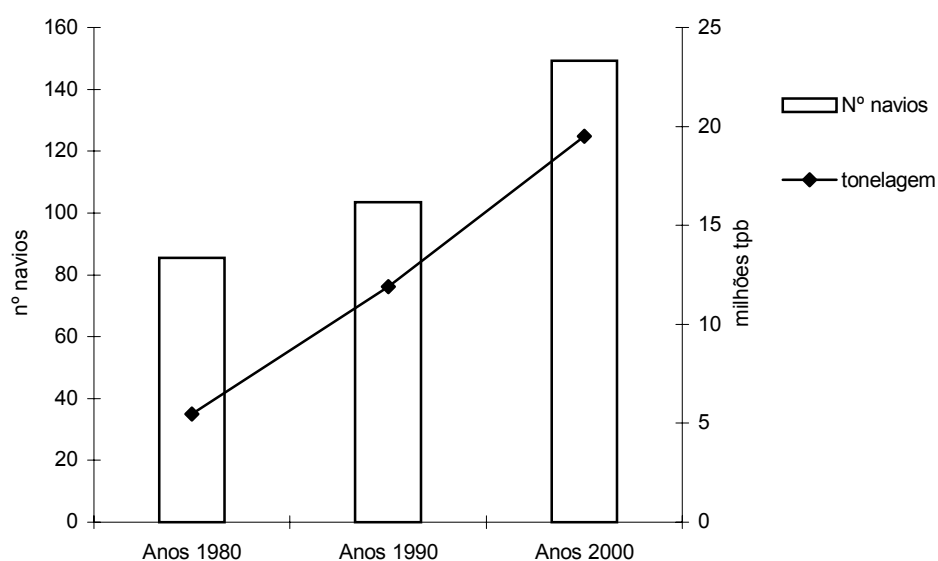
**Figura 3.1-** Aumento da capacidade dos petroleiros da 2ª guerra mundial até a década de 70.

Fonte: Berry *et al.*, 1974 *apud* Stocker & Seager, 1981.

No segundo semestre de 1973, as previsões demonstravam claramente um crescimento da frota de petroleiros reforçado pelas importações americanas. No entanto, ocorreu uma repentina inversão devido às previsões indicando queda no consumo de petróleo e à localização de novos produtores próximos aos países consumidores. A situação gradualmente gerou um excedente de petroleiros cujo pico ocorreu em 1978 com um total de 140.000.000t fora de serviço. Com a segunda crise do petróleo a situação melhorou um pouco, reduzindo para 120.000.000t fora de serviço (Masseron, 1990).

Embora houvesse um fortalecimento do crescimento da frota de navios de grande porte beneficiado pelo declínio da produção dos países não integrantes da OPEP e da volta do Oriente Médio como principal área de suprimento de petróleo, o uso de petroleiros de menor porte foi sustentado por três fatores: primeiro, pelo aumento do comércio de produtos finais; segundo, pela nova capacidade de produção localizada em áreas mais próximas aos mercados consumidores; e pelo fato destes petroleiros serem capazes de ancorar em um grande número de portos convencionais, incrementando o potencial para atendimento da alta demanda dos países em desenvolvimento (Masseron, 1990).

Na Figura 3.2 são apresentados dados relativos à incorporação de novos petroleiros à frota mundial.



**Figura 3.2-** Incorporação de petroleiros à frota mundial – média do número de navios e da tonelage por década.

Fonte: UNCTAD (2003)

Hoje os navios petroleiros têm capacidade para transportar mais de 500.000 tpb (INTERTANKO, 2004), como é o caso dos chamados ULCC (Ultra-Large Crude Carrier).

### 3.1.1- Preocupação com o meio ambiente

Em 1954, a IMO (International Maritime Organization - agência especializada da ONU para assuntos marítimos) já aprovava sua primeira Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Óleo – OILPOL, posteriormente MARPOL. Desde então, outras convenções foram aprovadas (Araújo, 2002).

O acidente com o navio *Torrey Canyon*, em 1967, que provocou o vazamento de 119.000t de petróleo bruto atingindo a costa sudoeste da Inglaterra e a costa norte da França (White, 2000), evidenciou a ameaça ao meio ambiente com o aumento do tráfego e porte dos navios. Mediante a gravidade da situação, a IMO com o intuito de prevenir a poluição accidental e operacional, preconizou ações que culminaram em acordos internacionais, destacando-se a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios – MARPOL 1973, que ficou posteriormente conhecida como MARPOL 73/78 após inclusão em 1978 de alterações no texto original (IMO, 2003a).

A MARPOL 73/78 inclui regulamentações referentes à subdivisão e estabilidade projetadas para assegurar que, em qualquer condição de carga, o navio possa resistir após ter sofrido uma colisão ou naufrágio. Uma das medidas implementadas foi o posicionamento dos tanques de lastro segregado<sup>1</sup> onde se espera o maior impacto durante uma colisão ou naufrágio reduzindo, desta forma, a quantidade de carga derramada (IMO, 2003a).

A introdução da MARPOL, no entanto, não foi suficiente para impedir que novas catástrofes ambientais, como o acidente com o navio *Exxon Valdez* (ITOPF, 2003) em 1989 no Alaska, viessem a ocorrer. Após o referido acidente, foi formulado, por parte dos Estados Unidos, o Oil Pollution Act de 1990 – OPA 1990 – prescrevendo o casco duplo para os petroleiros construídos a partir de então e um cronograma de retirada da ativa dos navios de casco simples.

---

<sup>1</sup> Lastro segregado – Tanque utilizado apenas para lastro, sem incluir a carga.

Em 1992, a MARPOL introduziu a exigência do casco duplo<sup>2</sup> para navios de 5.000 tpb ou maior, ordenados a partir de 1993, e um cronograma para conversão ou desativação de navios de casco simples a partir de 1995. Após o acidente com o navio *Érika* em 1999 na costa francesa (ITOPF, 2003), realizou-se uma revisão no cronograma de desativação de navios de casco simples e, em 2001, prazos menores foram estabelecidos impondo como limite o ano de 2015, conforme apresentado na Tabela 3.1 (IMO, 2003a). Esta revisão entrou em vigor em Setembro de 2002 e é a que está valendo atualmente.

**Tabela 3.1-** Cronograma de conversão ou desativação dos navios de casco simples em navios de casco duplo de acordo com a categoria. (continua)

<b>Categoria do petroleiro</b>	<i>Prazo para conversão / desativação</i>
<b>Categoria 1-</b> petroleiros de 20.000 tpb e maior que transporta óleo cru, óleo combustível, óleo diesel pesado ou óleo lubrificante, e petroleiros de 30.000 tpb e maior transportando outros óleos, cujos tanques de carga não sejam protegidos por tanques de lastro segregado (normalmente conhecidos como petroleiros Pré-MARPOL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2003 para navios entregues em 1973 ou antes</li> <li>- 2004 para navios entregues em 1974 e 1975</li> <li>- 2005* para navios entregues em 1976 e 1977</li> <li>- 2006* para navios entregues em 1978, 1979 e 1980</li> <li>- 2007* para navios entregues em 1981 ou após</li> </ul>
<b>Categoria 2-</b> petroleiros de 20.000 tpb e maior que transporta óleo cru, óleo combustível, óleo diesel pesado ou óleo lubrificante, e petroleiros de 30.000 tpb e maior transportando outros óleos, cujos tanques de carga sejam protegidos por tanques de lastro segregado (normalmente conhecidos como petroleiros MARPOL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2003 para navios entregues em 1973 ou antes</li> <li>- 2004 para navios entregues em 1974 e 1975</li> <li>- 2005 para navios entregues em 1976 e 1977</li> <li>- 2006 para navios entregues em 1978 e 1979</li> <li>- 2007 para navios entregues em 1980 e 1981</li> <li>- 2008 para navios entregues em 1982</li> <li>- 2009 para navios entregues em 1983</li> <li>- 2010* para navios entregues em 1984</li> <li>- 2011* para navios entregues em 1985</li> <li>- 2012* para navios entregues em 1986</li> <li>- 2013* para navios entregues em 1987</li> </ul>

<sup>2</sup> A exigência do casco duplo como medida de proteção fundamenta-se no fato de que um tanque com duas chapas proporciona maior proteção à carga em caso de avarias no casco, reduzindo o risco de poluição ambiental.

(continuação)

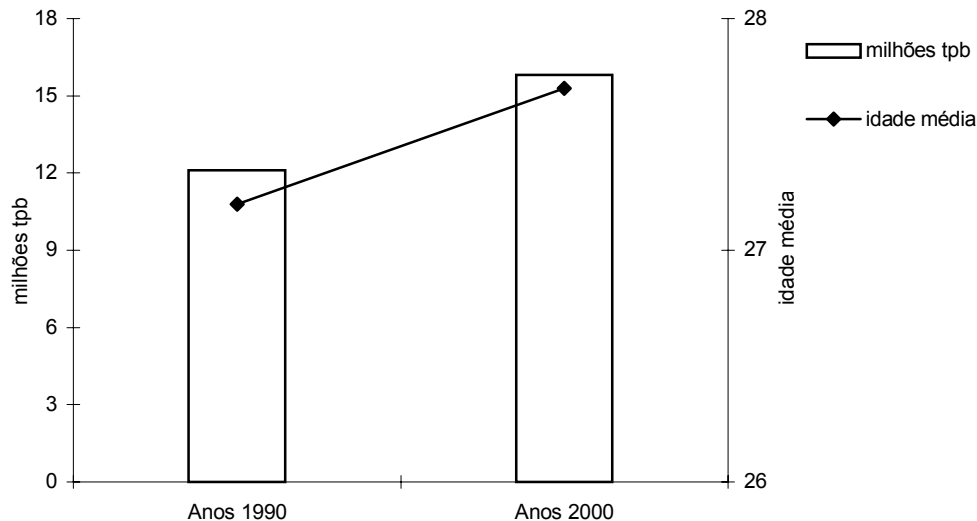
<b>Categoria do petroleiro</b>	<i>Prazo para conversão / desativação</i>
	- 2014* para navios entregues em 1988 - 2015* para navios entregues em 1989 ou após
<b>Categoria 3-</b> petroleiros de 5.000 tpb e maiores mas menores que as tonelagens especificadas nas Categorias 1 e 2.	- 2003 para navios entregues em 1973 ou antes - 2004 para navios entregues em 1974 e 1975 - 2005 para navios entregues em 1976 e 1977 - 2006 para navios entregues em 1978 e 1979 - 2007 para navios entregues em 1980 e 1981 - 2008 para navios entregues em 1982 - 2009 para navios entregues em 1983 - 2010 para navios entregues em 1984 - 2011 para navios entregues em 1985 - 2012 para navios entregues em 1986 - 2013 para navios entregues em 1987 - 2014 para navios entregues em 1988 - 2015 para navios entregues em 1989 ou após

\* Sujeito a conformidade com o programa de avaliação do estado dos navios (CAS).

Fonte: IMO (2003a)

A mais recente revisão do cronograma de conversão/desativação foi realizada em dezembro de 2003, motivada pelo acidente com o navio *Prestige* em novembro de 2002, e acelerou ainda mais a desativação dos navios de casco simples. Por esta revisão, que entra em vigor em Abril de 2005, os navios da categoria 1 têm o ano de 2005 como prazo limite para adequação, e para os navios das categorias 2 e 3 o prazo foi antecipado de 2015 para 2010 (IMO, 2003a).

Em 2002, a parcela de navios com idade igual ou maior que 15 anos decresceu para 33,5% refletindo uma aceleração na desativação da frota, que atingiu cerca de 18,1 milhões tpb neste mesmo ano (UNCTAD, 2003). Na Figura 3.3 são apresentados mais dados relativos à desativação da frota de petroleiros.



**Figura 3.3-** Dados da desativação da frota mundial de petroleiros - média do número de navios e da tonelagem por década.

Fonte: UNCTAD (2003)

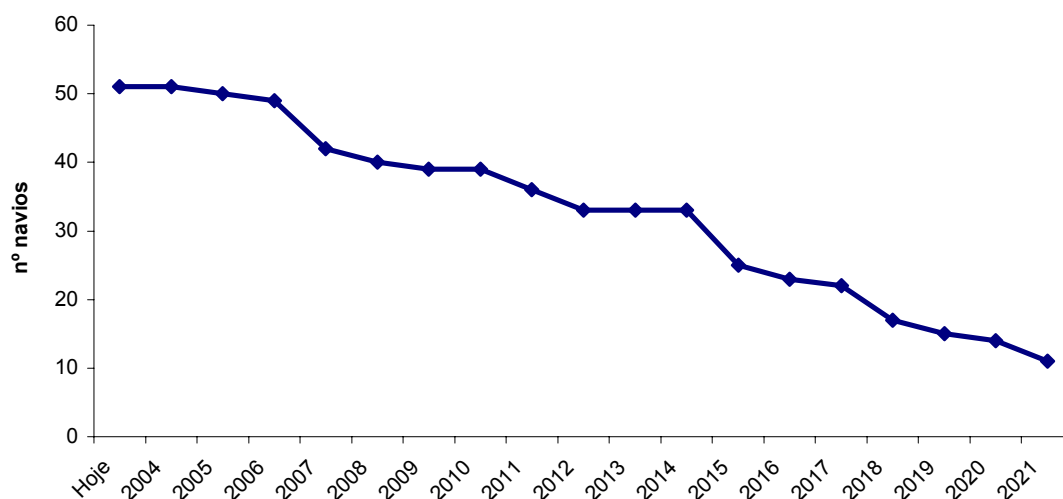
Segundo dados da INTERTANKO (*apud* Juras, 2002), a estimativa é que, em 2007, 75% dos navios-tanque possuirão casco duplo, uma vez que a proporção vem aumentando gradualmente.

No Brasil, o Decreto nº 2.508 de 04 de abril de 1998, promulga a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição causada por Navios, concluída em Londres, em 02 de novembro de 1978, suas emendas de 1984 e seus anexos opcionais III, IV e V.

Como o cronograma de conversão/desativação dos navios de casco simples é mais rígido nos EUA e na Europa, o Projeto de Lei nº 4.296 de 2001, em tramitação na Câmara dos Deputados, tem por objetivo impedir que navios já proibidos de navegar em águas americanas e européias venham aportar no Brasil. O foco principal da lei é a gradual desativação de navios de casco simples e, à exemplo da IMO, estabeleceu um cronograma proibindo o tráfego ou permanência de navios petroleiros de casco simples em águas sob jurisdição nacional. No entanto, com a aceleração do cronograma adotado pela MARPOL,

as regras internacionais e a proposta desta Lei não apresentam diferenças significativas (Juras, 2002).

Para se adequar às exigências, a FRONAPE tem por objetivo adquirir 20 navios até 2010 em substituição aos que serão alienados, seja por não atenderem às especificações da IMO, seja por atingirem os 25 anos de operação (Brandão, 2004), conforme pode ser visto na Figura 3.4, que mostra a evolução da desativação da frota.



**Figura 3.4-** Número de navios remanescentes da frota atual em função da desativação da frota de petroleiros, de acordo com o calendário proposto pela IMO e com o tempo de operação dos navios.

Fonte: Brandão (2004)

Ainda relativo à questão ambiental, pode-se destacar na legislação brasileira três Leis de grande importância quanto à:

➤ Sanções penais e administrativas:

Lei nº 9.605/1998, que “Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências”;



➤ Prevenção, controle e fiscalização:

Lei nº 9.966/2000, que “Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências”;

➤ Segurança do tráfego aquaviário:

Lei nº 9.537/1997, que “Dispõe sobre a segurança do tráfego aquaviário em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências”.

Fica evidente que ao longo dos anos têm-se realizado esforços em busca da proteção do ambiente marinho e que tais esforços podem ser traduzidos também por mudanças no arranjo dos petroleiros visando a redução dos riscos de acidentes com vazamento para o mar. Na Tabela 3.2 é apresentado um resumo, dividido em quatro fases distintas, que refletem o desenvolvimento de regulamentações específicas buscando o controle da poluição.

**Tabela 3.2-** Evolução das características dos navios em função das regulamentações.

Fase	Período	Características do Arranjo	
1	1966-72	Casco simples	
2	1973-82	Lastro parcialmente segregado – casco simples	Pré- MARPOL
3	1983-91	Lastro completamente segregado – casco simples	Pós- MARPOL
4	Depois de junho de 1990	Casco duplo	OPA 90

Fonte: Ullring (1997)

## **3.2- Estrutura do transporte marítimo brasileiro**

### **3.2.1- Caracterização da frota de petroleiros**

Contando que quase todo o óleo a ser processado, seja ele importado ou produzido em campos nacionais, é deslocado até as refinarias por navios, e que grande parte dos produtos refinados voltam aos navios para serem distribuídos pelos portos nacionais e internacionais, os petroleiros exercem um importante elo na cadeia produtiva e comercial da indústria do petróleo.

A abordagem relativa ao transporte via navegação marítima será focada, a partir deste ponto, na Frota Nacional de Petroleiros (FRONAPE), por ser esta a maior transportadora de petróleo e derivados no país.

Uma parte do transporte de óleo, no entanto, é realizada por navios afretados que transportam cerca de 140 milhões de toneladas por ano. Alguns navios são contratados para realizar apenas uma viagem enquanto que outros são alugados, em geral por um ano, para realizar o número de viagens que o contratante desejar. Não há uma frota fixa de navios afretados e, além disso, estes navios não atuam em uma rota específica, embora alguns atuem em determinada região devido à característica da carga (Alcoforado, 2003).

Até 1950, o transporte de óleo no Brasil era quase que integralmente feito por navios estrangeiros (Neiva, 1986). Em 13 de março de 1949, entrou em vigor a Lei nº 650 que abriu crédito para compra de petroleiros totalizando 180.000 toneladas. Com a aquisição do navio Presidente Dutra (16.200 toneladas), tem-se a inserção do Brasil no transporte marítimo de óleo.

A FRONAPE foi criada em 1950, subordinada ao então Conselho Nacional do Petróleo (CNP), tendo por objetivo principal transportar produtos petrolíferos no país e no exterior, podendo também exercer a armazenagem dos produtos. Na ocasião, recebeu 22 navios tanques que totalizavam 224 mil tpb (Neiva, 1986).

A empresa foi absorvida pela Petróleo Brasileiro S/A – PETROBRAS, criada em 1953 pela Lei nº 2004, com o intuito de exercer as atividades referentes ao monopólio estatal do petróleo. As disposições legais apresentadas na Lei supracitada foram confirmadas nos artigos 177 e 178 da Constituição Federal de 1988.

A PETROBRAS desenvolveu uma sistemática de transporte para atender às suas necessidades implementando sistemas de dutos, sistemas de armazenamento e a frota de navios para navegação de cabotagem e longo curso.

Em 1973, começou a navegar o primeiro grande petroleiro da FRONAPE, o VLCC (*Very Large Crude oil Carrier*) José Bonifácio. Posteriormente foram adquiridos outros seis: Vidal Negreiros, Cairu, Henrique Dias, Felipe Camarão, José do Patrocínio e Barão de Mauá (FRONAPE, 2003).

Os VLCCs foram os maiores navios já construídos no Brasil e tiveram grande importância para o crescimento da FRONAPE quando, durante a crise do petróleo, atendiam à necessidade de navios de grande porte para a navegação de longo curso.

Em atendimento a Lei nº 9.478 de 1997 surge a TRANSPETRO, subsidiária da Petrobrás, com a incumbência de operar e construir dutos, terminais marítimos e embarcações para transporte de óleo e gás natural (Brasil Energia, 2000a). A FRONAPE passou a ser a unidade de transporte marítimo da TRANSPETRO. A transferência da frota de navios iniciou em 2001, sendo concluída em 2002 (Jornal da TRANSPETRO, 2002).

A FRONAPE é a maior transportadora de petróleo do hemisfério Sul e uma das maiores do mundo (TRANSPETRO, 2004). A frota atual conta com 51 navios, conforme mostrado na Tabela 3.3.

Recentemente, o navio Barão de Mauá, último VLCC da frota, foi alienado, repassado à Petrobrás e será convertido no FPSO P-54 que irá integrar o sistema de produção do Módulo 2 de desenvolvimento do campo de Roncador, bacia de Campos.

**Tabela 3.3-** Características dos navios da FRONAPE. (continua)

<b>Navio</b>	<b>Ano</b>	<b>TPB</b>	<b>Capacidade Volumétrica* (m³)</b>	<b>Casco duplo</b>	<b>Lastro Segregado</b>	<b>Produto transportado</b>
Ataulfo Alves	2000	153.000	166.392	Sim	Sim	Petróleo
Avaré	1975	28.903	32.146	Não	Não	Navio cisterna
Bagé	1985	91.647	100.896	Não	Sim	Petróleo/Produtos escuros
Bicas	1985	91.671	100.896	Não	Sim	Petróleo/Produtos escuros
Brotas	1985	91.902	100.896	Não	Sim	Petróleo/Produtos escuros
Camocim	1986	18.900	19.193	Não	Sim	Petróleo/Produtos escuros
Candiota	1990	18.799	19.231	Não	Sim	Petróleo/Produtos escuros
Cantagalo	1990	18.835	19.231	Não	Sim	Petróleo/Produtos escuros
Carangola	1989	18.823	19.231	Não	Sim	Petróleo/Produtos escuros
Caravelas	1986	18.922	19.193	Não	Sim	Petróleo/Produtos escuros
Carioca	1986	18.997	19.193	Não	Sim	Petróleo/Produtos escuros
Cartola	2000	153.000	166.392	Sim	Sim	Petróleo
Dílya	1980	18.074	22.684	Não	Sim	Produtos claros
Diva	1980	18.012	22.684	Não	Sim	Produtos claros
Grajaú	1987	8.875	8.142	Não	Sim	Gases
Guaporé	1982	4.490	6.202	Não	Sim	Gases
Guará	1981	4.494	6.202	Não	Sim	Gases
Guarujá	1981	4.514	6.202	Não	Sim	Gases
Gurupá	1987	8.907	8.136	Não	Sim	Gases
Gurupi	1987	8.891	8.149	Não	Sim	Gases
Itabuna	1993	44.555	46.746	Sim	Sim	Produtos claros

(continuação)

<b>Navio</b>	<b>Ano</b>	<b>TPB</b>	<b>Capacidade Volumétrica* (m³)</b>	<b>Casco duplo</b>	<b>Lastro Segregado</b>	<b>Produto transportado</b>
Itaituba	1996	44.138	49.965	Sim	Sim	Produtos claros
Itajubá	1993	44.555	46.746	Sim	Sim	Produtos claros
Itamonte	1995	44.138	46.965	Sim	Sim	Produtos claros
Itaperuna	1994	44.555	46.746	Sim	Sim	Produtos claros
Jurupema	1977	131.584	154.873	Não	Não	Navio cisterna
Lages	1991	29.995	34.969	Não	Sim	Produtos claros
Lambari	1993	29.995	34.969	Não	Sim	Produtos claros
Lavras	1992	29.995	34.969	Não	Sim	Produtos claros
Lindóia BR	1996	44.582	42.386	Sim	Sim	Produtos claros
Livramento	1997	44.583	42.386	Sim	Sim	Produtos claros
Lobato	1993	44.600	42.770	Sim	Sim	Produtos escuros e claros
Londrina	1994	45.229	42.770	Sim	Sim	Produtos escuros e claros
Lorena BR	1996	45.229	42.770	Sim	Sim	Petróleo/Produtos escuros
Maracá	1981	133.752	156.584	Não	Não	Petróleo
Maruim	1980	133.752	156.584	Não	Não	Petróleo
Maísa	1980	18.078	22.684	Não	Sim	Produtos claros
Marta	1981	17.935	22.684	Não	Sim	Produtos claros
Muriaé	1979	133.752	156.584	Não	Não	Petróleo
Nara	1982	17.859	22.684	Não	Sim	Produtos claros
Neusa	1983	17.909	22.684	Não	Sim	Produtos claros
Nilza	1981	17.999	22.684	Não	Sim	Produtos claros

(continuação)

Navio	Ano	TPB	Capacidade Volumétrica* (m³)	Casco duplo	Lastro Segregado	Produto transportado
Norma	1982	17.878	22.684	Não	Sim	Produtos claros
Pedreiras	1993	55.067	65.142	Sim	Sim	Produtos escuros e claros
Piquete	1989	66.876	67.379	Sim	Sim	Produtos escuros e claros
Pirai	1990	66.672	67.379	Sim	Sim	Produtos escuros e claros
Pirajui	1990	66.721	67.379	Sim	Sim	Produtos escuros e claros
Potengi	1991	55.067	65.145	Sim	Sim	Produtos escuros e claros
Poti	1996	55.067	65.142	Sim	Sim	Petróleo/Produtos escuros
Rebouças	1989	30.651	31.678	Não	Sim	Petróleo/Produtos escuros
Rodeio	1990	30.551	31.678	Não	Sim	Petróleo/Produtos escuros

\*Exclui os tanques *Slop* (tanque de resíduos)

TPB<sup>1</sup> = Tonelada de Porte Bruto

Fonte: FRONAPE (2002a); TRANSPETRO (2003)

Os navios estão agrupados em cinco diferentes GETRAMs (Gerências de Transporte Marítimo), de acordo com a rota e o produto transportado. Conforme mostrado na Tabela 3.4, a movimentação de petróleo e derivados ocorre ao longo de toda a costa brasileira, sendo importante destacar a Bacia de Campos onde há uma grande circulação de navios, principalmente os chamados aliviadores, que atuam no escoamento da produção da bacia.

<sup>1</sup> TPB – Tonelagem total que pode ser embarcada em um navio. Além da carga comercial, inclui combustível, tripulação, víveres, etc.

**Tabela 3.4-** Local de atuação dos navios da FRONAPE e produtos transportados por estes.  
(continua)

<b>GETRAM</b>	<b>Local de Atuação</b>	<b>Produto transportado</b>	<b>Frota atuante</b>
GETRAM 1	Alívio da Bacia de Campos para os terminais Angra dos Reis, Rio de Janeiro, São Francisco do Sul, São Sebastião (90%), Tramandaí. Eventualmente para Guamaré e Madre de Deus.	Apenas Escuros	Bicas, Brotas, Bagé, Pedreiras, Piquete, Pirai, Pirajuí, Potengi, Poti
GETRAM 2	Carregamento na Baía Blanca (Argentina); descarregamento em Porto Alegre e Rio Grande.	GLP a temperatura ambiente	Guará, Guarujá, Guaporé
	Carregamento em Suape e eventualmente na Venezuela; descarregamento em Fortaleza, São Luís e Belém.	GLP refrigerado	Grajaú, Gurupi, Gurupá
GETRAM 3	Esporadicamente carregam na Venezuela e Chile. Passam por Manaus, Belém, Barcarena (Vila do Conde), São Luís, Fortaleza, Suape, Salvador, Vitória, Terminal de Lagoa Parda (sul de Vitória), Rio de Janeiro, Angra dos Reis, São Sebastião, Maceió, Paranaguá e Rio Grande.	Distribuição de produtos escuros e óleo combustível ao longo de toda a costa.	Candiota, Cantagalo, Carangola, Caravelas, Camocim, Carioca, Lobato, Londrina, Lorena BR, Rebouças, Rodeio

(continuação)

<b>GETRAM</b>	<b>Local de Atuação</b>	<b>Produto transportado</b>	<b>Frota atuante</b>
GETRAM 4	Atuam basicamente em todos os portos que dispõem de terminal e esporadicamente carregam na Venezuela e Argentina. Passam por Manaus, Coari (somente o navio Nilza), Belém, Cabedelo, São Luís, Fortaleza, Suape, Maceió, Salvador, Vitória, Natal, Rio de Janeiro, Ilha Grande, São Sebastião, Santos, Paranaguá, Rio Grande.	Distribuição de produtos claros ao longo da costa.	Diva, Dilya, Nara, Norma, Neusa, Nilza, Itabuna, Itajubá, Itaperuna, Itaituba, Itamonte, Lages, Lavras, Lambari, Lindóia BR, Livramento, Marta, Maísa.
GETRAM 5	Alívio da Bacia de Campos e do terminal de Guamoré (este último com restrições de carregamento) para Rio de Janeiro, Ilha Grande, São Sebastião, São Francisco do Sul e Tramandaí.	Produtos escuros	Ataulfo Alves, Cartola, Maracá, Maruim, Muriaé, Avaré, Jurupema

Fonte: FRONAPE (2002a)

Os navios, Avaré e Jurupema atualmente estão atuando como navio cisterna nos campos de Coral e Albacora, respectivamente.

O deslocamento de um navio desde o ponto de origem até seu destino final se dá por rotas de navegação, classificadas em marítimas e interiores de acordo com o maior percurso percorrido pelo navio. Em uma segunda abordagem, as rotas marítimas podem, ainda, ser divididas em dois trechos: costeiros e oceânicos. Aqui serão consideradas as rotas marítimas percorridas pelos navios da FRONAPE, que se apresentam divididas em trechos de acordo com os Roteiros da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) (FRONAPE,



2002a). Desta forma, apresentam-se listados abaixo os trechos marítimos da costa brasileira os quais os petroleiros trafegam:

- Da baía de São Marcos (MA) ao porto de Fortaleza (CE);
- Do porto de Fortaleza ao Cabo Calcanhar;
- Do Cabo de Calcanhar ao porto de Recife (PE);
- Do porto de Recife à baía de Todos os Santos (BA);
- Da baía de Todos os Santos ao porto de Vitória (ES);
- Do porto de Vitória a Cabo Frio (RJ);
- De Cabo Frio à baía da Ilha Grande (RJ);
- Da baía da Ilha Grande ao porto de Santos (SP);
- Do porto de Santos ao porto de Paranaguá (PR);
- Do porto de Paranaguá à Ilha de Santa Catarina (SC);
- Da Ilha de Santa Catarina ao Arroio Chuí (RS)
- Lagoa dos Patos.

### **3.2.2- Terminais marítimos**

Os terminais marítimos são instalações portuárias adequadas às operações de transferência de carga dos navios para terra e vice-versa ou entre navios, sendo, portanto, importantes agentes na cadeia logística do transporte de óleo. A Tabela 3.5, extraída da Tabela 2.12, caracteriza, em termos de estrutura, os terminais marítimos.

**Tabela 3.5-** Capacidade de armazenamento dos terminais marítimos de óleo.

Terminais Marítimos	Capacidade de Armazenamento				
	Nº de tanques	Petróleo (m³)	Derivados (m³)	GLP (m³)	Total (m³)
<b>Total</b>	<b>582</b>	<b>3.849.930</b>	<b>2.530.638</b>	<b>213.028</b>	<b>6.593.596</b>
Alemoa (SP)	27	0	271.704	83.002	354.706
Almirante Barroso (SP)	36	1.585.345	426.326	0	2.011.671
Almirante Tamandaré (RJ)	20	0	129.859	0	129.859
Cabedelo (PB)	4	0	10.022	0	10.022
Carmópolis (SE)	8	160.239	0	0	160.239
Cattalini Paranaguá (PR)	21	0	55.800	0	55.800
DIBAL – Porto de Santos (SP)	78	0	104.432	0	104.432
Granel – Porto de Itaquí (MA)	11	0	9.620	0	9.620
Guamaré (RN)	10	190.142	0	0	190.142
Ilha Grande (RJ)	21	870.000	66.200	0	936.200
Ilha Redonda (RJ)	7	0	0	47.115	47.115
Maceió (AL)	14	26.155	30.049	0	56.204
Madre de Deus (BA)	49	0	604.079	52.611	656.690
Miramar (PA)	6	0	37.899	6.360	44.259
Pandenor Ipojuca (PE)	9	0	21.100	0	21.100
Paranaguá (PR)	34	0	174.008	9.600	183.608
Regência (ES)	7	42.427	0	0	42.427
São Francisco do Sul (SC)	9	466.622	0	0	466.622
São Luís-Itaquí (MA)	9	0	71.290	4.800	76.090
Stolthaven Santos (SP)	32	0	55.550	0	55.550
Suape (PE)	11	0	36.852	9.540	46.392
TEDUT (RS)	16	509.000	192.948	0	701.948
TEMAPE (PE)	7	0	16.000	0	16.000
TPG-Tegal (BA)	-	0	0	0	0
Tequimar Aratu (BA)	70	0	132.000	0	132.000
União-Santos (SP)	64	0	73.900	0	73.900
Vitória (ES)	2	0	11.000	0	11.000

Fonte: ANP (2003)

Conforme apresentado, o terminal Almirante Barroso, localizado no litoral paulista, apresenta a maior capacidade de armazenamento de petróleo (1.585.345 m³), seguido do

terminal da Ilha Grande (870.000 m<sup>3</sup>), no litoral do Rio de Janeiro. Com relação à capacidade de armazenamento de derivados, o terminal Madre de Deus, na Bahia, é o que apresenta a maior capacidade (604.079 m<sup>3</sup>).

### **3.2.3- Riscos do transporte marítimo de petróleo e derivados**

De uma maneira geral, as atividades relacionadas ao petróleo e seus derivados assim como outras atividades industriais são passíveis de acidentes apresentando riscos de natureza e potencialidade distintas.

O risco potencial de uma atividade pode ser definido como uma resultante da combinação entre o evento, a probabilidade de ocorrência e as possíveis conseqüências (FRONAPE, 2002a). Por mais que seja feito todo um esforço na tentativa de exclusão dos riscos de determinada atividade, há sempre uma parcela que não é eliminada, caracterizando, assim, um resíduo do risco.

De acordo com Oliveira (1993) “tem-se um risco ambiental quando a combinação de circunstâncias de um ou mais processos em andamento possibilitam a ocorrência de eventos geradores de conseqüências ambientais adversas”. No caso do transporte de petróleo e derivados, enquanto o produto transportado permanecer sob controle não entrando em contato com o ambiente, faz-se presente a condição de risco ambiental potencial.

A quantificação dos níveis de risco do transporte marítimo pode ser estimada com base nas estatísticas de acidentes que permitem a identificação da evolução dos níveis de segurança na atividade global, da diferenciação da segurança nos diversos tipos de navios, tamanho dos navios, idade, etc (Soares & Teixeira, 2001).

Dentre os riscos inerentes ao transporte de petróleo e derivados via navegação marítima encontram-se os acidentes com derrame para o mar. As conseqüências advindas dos riscos desta atividade são maiores em decorrência do volume e tipo de carga transportada. No entanto, vale a ressalva de Oliveira (1993) de que as conseqüências estão diretamente

relacionadas à combinação de uma série de fatores inerentes ao meio ambiente atingido e ao risco propriamente dito.

As rotas as quais os navios percorrem apresentam trechos que são considerados de maior risco durante a passagem de um navio, tais como o canal de entrada de um porto, os canais de navegação, os fundeadouros, as áreas de exploração de petróleo (FRONAPE, 2002a). Acidentes podem ocorrer durante a navegação (zonas exteriores) e/ou nas áreas internas dos terminais (zonas interiores).

O grau de probabilidade de um derrame pode ser determinado conhecendo-se, para tal, variantes que fazem com que o mesmo esteja alternando entre reduzido e elevado. Alguns agentes influenciadores podem ser listados: tipo e propriedade dos hidrocarbonetos, quantidade, periodicidade e meios de movimentação dos hidrocarbonetos, medidas regulamentares relativas à proteção e combate a derrames acidentais, manutenção e estado de conservação das embarcações e equipamentos e graus de formação e treino do pessoal dos navios (FRONAPE, 2002a).

As conseqüências dos derrames variam de muito reduzidas a muito graves em função dos danos à fauna e flora marinhas, do perigo à saúde humana e da utilização das águas e suas margens nas atividades industriais e de lazer, conforme definição da FRONAPE (2002a):

- Conseqüências muito reduzidas: quantidade e/ou natureza dos hidrocarbonetos e/ou grau de periculosidade das substâncias nocivas, não é suscetível de causar danos visíveis à fauna e flora marinhas e de representar um perigo para a saúde humana, e/ou afetar a utilização das águas e suas margens nas atividades industriais, de lazer e de provocar alterações visíveis da qualidade da água;
- Conseqüências reduzidas: quantidade e/ou natureza dos hidrocarbonetos e/ou grau de periculosidade das substâncias nocivas é suscetível de causar danos menores à fauna e flora marinhas e de representar um perigo menor para a saúde humana, e/ou afetar em

zonas confinadas, por um curto período de tempo, a utilização das águas e suas margens nas atividades industriais, de lazer, ou de outros usos legítimos do mar;

➤ Consequências médias: quantidade e/ou natureza dos hidrocarbonetos e/ou grau de periculosidade das substâncias nocivas é suscetível de causar danos à fauna e flora marinhas e de representar perigo à saúde humana, e/ou afetar localmente, por algum tempo, a utilização das águas e suas margens nas atividades industriais, de lazer, ou outros usos legítimos do mar;

➤ Consequências graves: quantidade e/ou natureza dos hidrocarbonetos e/ou grau de periculosidade das substâncias nocivas é suscetível de causar danos graves à fauna e flora marinhas e de representar um elevado perigo à saúde humana, e/ou afetar em grande escala, por longo período, a utilização das águas e suas margens nas atividades industriais, de lazer, ou outros usos legítimos do mar;

➤ Consequências muito graves: quantidade e/ou natureza dos hidrocarbonetos e/ou grau de periculosidade das substâncias nocivas é suscetível de causar danos muito graves à fauna e flora marinhas e de representar um elevado perigo à saúde humana, e/ou afetar em grande escala, por longo período, a utilização das águas e suas margens nas atividades industriais, de lazer, ou outros usos legítimos do mar;

Os níveis de risco considerados estão de acordo com a tabela 3.6.

**Tabela 3.6-** Níveis de risco identificados ao transporte marítimo de petróleo e derivados.

		Probabilidade		
		Reduzida	Média	Elevada
Consequências	Muito reduzidas	REDUZIDO	REDUZIDO	MÉDIO
	Reduzidas	REDUZIDO	MÉDIO	MÉDIO
	Médias	MÉDIO	MÉDIO	ELEVADO
	Graves	MÉDIO	ELEVADO	ELEVADO
	Muito graves	ELEVADO	ELEVADO	ELEVADO

Fonte: FRONAPE (2002a) adaptada.

Na Tabela 3.7 foram reunidos dados que dizem respeito aos riscos os quais a atividade de transporte de petróleo e derivados via navegação marítima é submetida. O método utilizado para tal constitui-se em uma avaliação de probabilidades subjetiva uma vez que a extensão da área de abrangência impossibilita um cálculo de análise de riscos. Neste caso, o estudo valeu-se da experiência do corpo técnico envolvido e de estudos semelhantes. As conseqüências também são subjetivas e baseiam-se em uma priorização dos danos ambientais, econômicos e sociais associados à ocorrência de derrames (FRONAPE, 2002a).

**Tabela 3.7-** Riscos associados ao transporte marítimo de petróleo e derivados. (continua)

Causas de Riscos	Risco	Probabilidade	Consequências	Níveis de Risco	Observações
Operações de carga de navios de alívio na Bacia de Campos	Externo *1	Média	Muito reduzidas	Reduzido	Não existem casos relatados em que derivas destas manchas tenham atingido a costa.
Descarga ilícita no mar	Externo	Reduzida	Muito reduzidas	Reduzido	Ocorre por motivo de falha de manobra nos tanques do navio durante sua operação.
	Interno *2	Reduzida	Reduzidas à médias	Reduzido à médio	
Colisões entre navios em áreas próximas ao litoral	Externo	Reduzida	Graves à muito graves (no caso de atingir áreas costeiras)	Médio à elevado	Situação em que normalmente existe algum tempo entre o alarme e a chegada da deriva em áreas costeiras ou sensíveis.
Colisões entre navios em áreas afastadas da costa	Externo	Reduzida	Graves (no caso de atingir áreas costeiras)	Médio	

(continuação)

Causas de Riscos	Risco	Probabilidade	Consequências	Níveis de Risco	Observações
Encalhes de navios	Externo	Reduzida	Graves à muito graves (dependendo da sensibilidade da costa)	Médio à elevado	O encalhe de um navio por diversos fatores pode levar a abertura de um rombo no casco.
	Interno	Reduzida	Médias à graves	Médio (porque operações de intervenção podem ser muito mais rápidas)	
Falhas no casco	Externo	Reduzida	Reduzidas à muito graves	Reduzido à elevado	Não existem casos de ocorrência deste tipo de acidente com os navios da FRONAPE. Uma falha no casco pode resultar desde uma pequena fissura até a quebra do navio, partindo-o ao meio (maior gravidade).
	Interno	Reduzida	Reduzidas	Reduzido	Não existem casos de ocorrência deste tipo de acidente com os navios da FRONAPE. Situação em que a quantidade vazada normalmente é pequena uma vez que os navios se encontram em águas calmas, sendo as fraturas, portanto, pequenas.



(continuação)

<b>Causas de Riscos</b>	<b>Risco</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Consequências</b>	<b>Níveis de Risco</b>	<b>Observações</b>
Incêndios ou Explosões	Externo	Reduzida	Média, graves à muito graves	Médio à elevado	É um dos acidentes mais preocupantes que podem ocorrer em um terminal uma vez que pode originar vazamentos catastróficos ocasionados pela quantidade derramada e pelo fato do produto poder inflamar.
	Interno	Reduzida	Graves à muito graves	Elevado	
Carga ou descarga de navios em terminais	Interno	Média	Médias	Médio	São os casos mais comuns de incidentes em áreas portuárias. Acidentes de maiores probabilidades mas normalmente também os de menores consequências.
Operações de abastecimento:					As consequências são reduzidas dado que as vazões de abastecimento são normalmente pequenas. Nestas condições, o nível de risco é reduzido.
- Rompimento de mangotes	Interno	Reduzida	Médias	Reduzido	
- Vazamentos em uniões	Interno	Reduzida	Reduzidas	Reduzido	
- Transbordamento	Interno	Reduzida	Reduzidas	Reduzido	

(continuação)

Causas de Riscos	Risco	Probabilidade	Consequências	Níveis de Risco	Observações
Colisões entre navios	Interno	Reduzida	Reduzidas, médias ou graves	Reduzido à médio	<p>A entrada de uma barra e a navegação em canais geram situações de risco acrescido para a navegação, pelo que se admite a possibilidade de ocorrência de colisão de dois navios na barra ou no canal de acesso a um terminal ou porto.</p> <p>As consequências são graves a muito graves se a colisão envolver um navio carregado e a quantidade derramada for elevada.</p> <p>É considerado de nível médio quando junto a um porto, ou no interior dele, dado que as operações de intervenção podem ser muito mais rápidas.</p>
Colisão de navios com estruturas portuárias	Interno	Reduzida	Médias	Médio	<p>Pelo fato de um navio estar manobrando em áreas restritas deve-se considerar a possibilidade de em função das condições de vento, corrente, erro de manobra ou avaria mecânica, pode chocar-se contra alguma estrutura portuária, abrindo um rombo no casco.</p> <p>Este tipo de acidente pode ser considerado freqüente. Não é de esperar que o derrame exceda os 100 m<sup>3</sup>. Tipo de acidente que tende a ser eliminado com a gradual substituição da frota por embarcações de costado duplo</p>

\*<sup>1</sup>Em zonas exteriores às áreas dos terminais/ portos

\*<sup>2</sup>Em zonas interiores às áreas dos terminais/ portos

Obs.: As consequências dos acidentes vão variar conforme a quantidade vazada, a sensibilidade do local atingido e o tempo para mobilizar a intervenção.

Fonte: Com base no texto (FRONAPE, 2002a)

As tabelas a seguir mostram dados relativos aos acidentes decorrentes das operações dos petroleiros, sendo a Tabela 3.8 referente ao número de acidentes ocorridos na costa brasileira entre os anos de 1996 e 2002 e a Tabela 3.9 referente ao número de acidentes ocorridos no mundo no período de 1974 à 2003.

**Tabela 3.8-** Número de acidentes, por operação, com navios a serviço da FRONAPE (próprios ou afretados) na costa brasileira, entre 1996 e 2002.

<b>OPERAÇÕES</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<i>Total</i>
<b>Abastecimento</b>	1	1	0	0	1	0	2	<b>5</b>
<b>Atracação</b>	0	0	1	0	1	0	0	<b>2</b>
<b>Carga</b>	6	3	6	1	5	3	2	<b>26</b>
<b>Descarga</b>	7	6	6	2	6	0	1	<b>28</b>
<b>Deslastro</b>	0	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
<b>Drenagem</b>	0	0	0	0	1	0	1	<b>2</b>
<b>Em viagem</b>	0	0	0	0	0	1	0	<b>1</b>
<b>Fundeio</b>	0	1	0	0	0	0	1	<b>2</b>
<b>Lastro</b>	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>Limpeza de linha</b>	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>Recebimento</b>	0	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
<b>Reparo</b>	0	1	0	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>Transbordo</b>	0	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
<b>Transferência</b>	0	0	0	2	0	1	1	<b>4</b>
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>76</b>

Fonte: FRONAPE (1997); FRONAPE (1998); FRONAPE (1999); FRONAPE (2000); FRONAPE (2001); FRONAPE (2002b); FRONAPE (2003).

**Tabela 3.9-** Número de acidentes registrados no mundo de acordo com as causas no período de 1974 a 2003.

	< 7 toneladas	7-700 toneladas	> 700 toneladas	Total
<b>OPERAÇÕES</b>				
Carga/ descarga	2812	326	30	3168
Abastecimento	548	26	0	574
Outras operações	1177	55	0	1232
<b>ACIDENTES</b>				
Colisões	167	274	95	536
Encalhes	228	212	114	554
Falhas no casco	572	88	43	703
Incêndios e explosões	85	11	29	125
Outros/ Desconhecidos	2175	143	24	2342
<b>Total</b>	7764	1135	335	9234

Fonte: ITOPF (2003); ITOPF (2004)

A incidência de grandes derrames é relativamente baixa e a ocorrência de grandes acidentes (>700 toneladas) vem se reduzindo significativamente nos últimos 30 anos (ITOPF, 2003), conforme apresentado na Tabela 3.10.

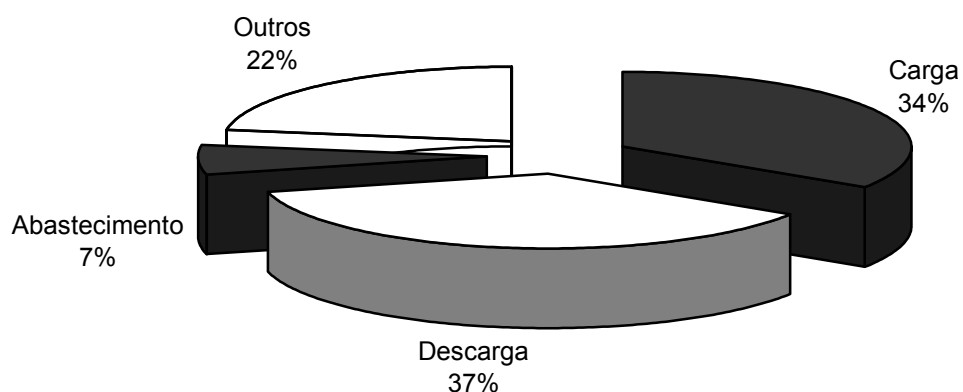
**Tabela 3.10-** Ocorrência de acidentes envolvendo quantidades maiores que 7 toneladas, no período entre 1970 e 2003.

Ano	7-700 toneladas	> 700 toneladas	Ano	7-700 toneladas	> 700 toneladas
1970	6	29	1987	27	10
1971	18	14	1988	11	10
1972	49	24	1989	32	13
1973	25	32	1990	50	13
1974	91	26	1991	27	8
1975	97	19	1992	31	9
1976	67	25	1993	30	11
1977	65	16	1994	27	7
1978	54	23	1995	20	3
1979	59	34	1996	20	3
1980	51	13	1997	27	10
1981	49	6	1998	22	4
1982	44	3	1999	19	5
1983	52	11	2000	18	3
1984	25	8	2001	16	3
1985	29	8	2002	12	3
1986	25	7	2003	15	4

Fonte: ITOPF (2003); ITOPF (2004)

Em uma análise dos acidentes ocorridos na costa brasileira, é possível observar a recorrência de derrames nas operações de carga e descarga e em menor grau nas operações de abastecimento e transferência, ficando claro que o mesmo padrão apresentado nas estatísticas mundiais se repete na costa brasileira.

Usando a classificação apresentada na Tabela 3.7 relativa aos riscos de acidentes, os dados da FRONAPE apresentados na Tabela 3.8 e os dados do ITOPF (Tabela 3.9) observa-se que a maioria dos derrames resulta de operações rotineiras, tais como: carga, descarga e abastecimento (Figura 3.5), que normalmente ocorrem em portos ou terminais petrolíferos. São acidentes considerados como os de maiores probabilidades, mas de menores conseqüências devido a rapidez das operações de intervenção (ITOPF, 2003; Robert & Crawford, 2002). Segundo estimativa feita em 2001 por Menezes Filho, o número de manobras em terminais aumentaria de 129 em 1996 para 750 em 2005 (Aquatrans III, 2002).



**Figura 3.5-** Distribuição percentual, por operação, de acidentes ocorridos no período de 1996 à 2002 com os navios da FRONAPE.

Freqüentemente, os acidentes são causados por uma combinação de eventos acidentais, tipicamente por falhas de um ou mais componentes (equipamentos, humano, excesso de

cargas, etc) que devem funcionar corretamente para completar a tarefa de forma bem sucedida (Soares & Teixeira, 2001). Segundo Oliveira (1993), as ocorrências de acidentes podem ser resultantes de mão-de-obra imprópria, manutenção inadequada e material de qualidade inferior. Diversos estudos atribuem às falhas humanas ocorridas em algum ponto do processo a responsabilidade por 60 à 80% dos acidentes (Interagency Co-ordinating Committee on Oil Pollution Research, 1997 *apud* Robert & Crawford, 2002; Soares & Teixeira, 2001). Marroig (1997), apresenta dados responsabilizando as falhas humanas por 85% dos acidentes.

Uma vez apresentados a estrutura do transporte marítimo nacional, os riscos da atividade e o número de acidentes na costa brasileira e no mundo, iniciar-se-á uma abordagem do transporte marítimo de petróleo e derivados sob o ponto de vista ambiental. No entanto, é necessário que antes sejam apresentadas as características do petróleo e seus derivados, bem como o comportamento destes no meio ambiente, para possibilitar um melhor entendimento dos impactos ambientais resultantes de um derrame de hidrocarbonetos de petróleo.

## 4- CARACTERIZAÇÃO DO PETRÓLEO E SEUS DERIVADOS E O COMPORTAMENTO DESTES NO AMBIENTE

---

Este capítulo visa uma abordagem das características do petróleo e seus refinados bem como do comportamento no ambiente, sendo fatores de grande importância para o entendimento e análise dos prejuízos a que o meio ambiente está sujeito caso seja atingido por um derrame.

### 4.1- Caracterização

#### 4.1.1- Composição do petróleo

O petróleo é constituído por uma complexa mistura de diferentes substâncias químicas, no mínimo de 200 a 300 compostos, dentre estes nitrogênio (0% a 0,5%), enxofre (0% a 6%), oxigênio (0% a 3,5%), alguns metais em concentrações traço (principalmente níquel e vanádio) e os hidrocarbonetos (50% a 98%), sendo os hidrocarbonetos, o nitrogênio, o enxofre e o oxigênio os principais compostos (CETESB, 2002; Poffo, 2000; FRONAPE, 2002a; API, 1999).

Os hidrocarbonetos, por serem os compostos mais abundantes, são utilizados como indicadores de poluição. São compostos formados por carbono e hidrogênio (82 a 87% em carbono e 11 a 15% em hidrogênio) de composição e estruturas moleculares diferentes. Podem ser agrupados em quatro classes principais, baseadas na composição molecular:

✓ **Aromáticos:** hidrocarbonetos de cadeia benzênica (insaturada). Estão presentes em praticamente em todos os tipos de petróleo, embora em pequenas quantidades na maioria

deles. São os que apresentam maior toxicidade<sup>1</sup>. A biodegradação<sup>2</sup> é lenta e estão associados a efeitos crônicos e carcinogênicos.

Os hidrocarbonetos com dois ou mais anéis aromáticos são denominados de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA), também classificados como Poluentes Orgânicos Persistentes (POP). Constituem os principais produtos da combustão incompleta da matéria orgânica, sendo potencialmente perigosos e amplamente distribuídos pelo meio ambiente na forma de misturas complexas. Alguns HPAs são mutagênicos ou carcinogênicos, com atividade dependente de sua forma molecular.

✓ **Alcanos (parafinas):** hidrocarbonetos de cadeias simples e ramificadas. Compreendem a maior fração da maioria dos petróleos. São incolores, relativamente inodoros e pouco reativos. A toxicidade geralmente é baixa e são facilmente biodegradados.

✓ **Alcenos (olefinas):** hidrocarbonetos de cadeia aberta, similar aos alcanos diferindo apenas pela presença de ligação dupla entre os átomos de carbono. Geralmente estão ausentes ou aparecem em pequenas quantidades no petróleo, mas são abundantes em produtos de refino como a gasolina.

✓ **Cicloalcanos (naftas):** hidrocarbonetos de cadeias fechadas (cíclicas) e saturadas. Compreendem a segunda maior fração da maioria dos petróleos. A toxicidade é variável de acordo com a estrutura molecular e são resistentes à biodegradação.

Os diferentes tipos de petróleo possuem, essencialmente, os mesmos hidrocarbonetos, mas em proporções que variam consideravelmente. Estas diferenças na composição influenciam nas propriedades físicas dos diversos tipos de petróleo cru, como por exemplo, a coloração

---

<sup>1</sup> Toxicidade é a capacidade inerente de um agente causar efeitos adversos em um organismo vivo (Rand, 1995).

<sup>2</sup> Processo natural onde microorganismos se utilizam, no caso, de hidrocarbonetos de petróleo como fonte de alimento, transformando-os em subprodutos que conseqüentemente serão degradados a carbono e água (API, 1999).



variando desde quase transparente até negro; o odor de quase inodoro até o forte cheiro de enxofre (Stocker e Seager, 1981).

O petróleo cru tem poucas aplicações. Com o refino obtém-se diversas frações úteis que continuam sendo misturas de hidrocarbonetos, mas com menos componentes que o petróleo cru original. Algumas etapas do refino podem modificar a estrutura dos hidrocarbonetos tornando, por exemplo, um hidrocarboneto saturado em insaturado.

Componentes de diferentes pesos moleculares, em várias combinações, formam os petróleos, que são divididos em três grupos de acordo com o peso molecular (API, 1999):

#### **Componentes de peso leve (baixo peso molecular):**

- 1 a 10 átomos de carbono (C1 a C10).
- Moléculas pequenas, com poucos átomos de carbono em cada molécula.
- Alta volatilidade<sup>1</sup>; evaporam-se e dissolvem-se prontamente deixando pouco ou nenhum resíduo devido sua simples estrutura molecular (baixo tempo de residência).
- Muitos dos componentes (benzeno, por exemplo) são mais biodisponíveis<sup>2</sup> aos organismos aquáticos (principal via de exposição: sistema respiratório).
- Potencialmente inflamável e rapidamente inalável, sendo, por isso, de interesse para a saúde e segurança humana.

O BTEX (benzeno, tolueno, etil benzeno e xileno) apresenta alta toxicidade e é, por isso, considerado o componente de baixo peso molecular de maior interesse.

#### **Componentes de peso intermediário (médio peso molecular)**

- 11 a 22 átomos de carbono (C11 a C22).

---

<sup>1</sup>Volatilidade é a propriedade de um líquido com baixo ponto de ebulição e alta pressão de vapor em condições normais de pressão e temperatura. A gasolina, por exemplo, é um produto altamente volátil que, ao ser derramada no ambiente, rapidamente se evapora.

<sup>2</sup>Biodisponibilidade é a propensão de uma substância de ser absorvida por um organismo (Rand, 1995)

- Moléculas mais complexas.
- Evaporação e dissolução mais lenta, durante muitos dias, com alguns resíduos remanescentes (maior tempo de residência).
- Alguns componentes de médio peso molecular são considerados mais tóxicos do que os componentes de baixo peso molecular.
- Não são tão biodisponíveis quanto os compostos de baixo peso molecular, logo são menos propícios a afetarem os organismos aquáticos (principal rota de exposição: sistema respiratório e rapidamente absorvido pela pele).

Exemplo: benzo (a) pyrene

#### **Componentes pesados (alto peso molecular)**

- 23 ou mais átomos de carbono ( $\geq C_{23}$ ).
- Baixa evaporação ou dissolução (tempo de residência mais longo).
- Os resíduos remanescentes na coluna d'água e sedimentos (pelotas de óleo, etc.) podem causar efeitos crônicos por recobrimento e asfixia dos organismos. Principal via de exposição: contato tópico direto.
- Alguns componentes pesados contêm carcinogênicos que são absorvíveis pela pele.
- O risco de exposição aumenta devido o longo tempo de residência no ambiente.

Exemplo: Asfaltenos ( $C_{79}H_{92}N_2S_2O_3$ )

A quantidade de cada produto refinado vai depender do tipo de óleo a partir do qual foram obtidos e da complexidade da refinaria em que os mesmos são processados.

#### **4.1.2- Propriedades físicas**

Os óleos são descritos, tipicamente, conforme suas propriedades físicas. Estas, combinadas com diversos fatores ambientais, são usadas para determinar como o óleo derramada na água reage sob condições ambientais.

Os derivados de petróleo apresentam, genericamente, propriedades físicas semelhantes. Normalmente, não reagem quimicamente ou apresentam dificuldades de reação com agentes oxidantes ou redutores, não apresentando ação reativa ou corrosiva.

As propriedades físicas a serem abordadas são: densidade, viscosidade, ponto de fluidez, ponto de inflamação, solubilidade e tensão superficial.

#### **4.1.2.1- Densidade**

A densidade permite determinar se um óleo tende a afundar ou flutuar na coluna d'água após um vazamento (API, 1999). A densidade do óleo em relação à água doce é geralmente expressa em termos de densidade específica ou densidade API.

##### **• Densidade Específica**

“Razão da massa de um dado material (por exemplo, óleo) em relação a massa da água doce, para o mesmo volume e a uma mesma temperatura” (API, 1999). (A densidade da água do mar é 1,025.)

A gravidade específica da maioria dos óleos brutos e derivados está compreendida entre 0,78 e 1,00, indicando a flutuabilidade de tais substâncias. Quando lançados no ambiente, geralmente permanecem flutuando até que se adsorvam a partículas em suspensão e sedimento, passando por intemperização adicional ou sejam consumidos por organismos vivos.

##### **• Densidade API**

“É uma escala para medição de densidades específicas de fluidos obtida pela fórmula:

$$D \text{ API} = (141,5 / DE) - 131,5$$

Onde: D API = Densidade API;

DE= Densidade Específica a 15°C

Esta escala, que varia de 0 a 60/62, foi desenvolvida para ampliar a escala de gravidade específica de forma que valores maiores pudessem ser usados” (API, 1999).

Em se tratando de uma relação inversa, uma substância com baixa densidade específica (por exemplo, gasolina; DE= 0,73) terá uma alta densidade API (°API= 62); inversamente, uma substância com alta densidade específica (por exemplo, óleo cru pesado; DE= 0,98) apresentará baixa densidade API (°API= 13).

De modo geral, hidrocarbonetos com elevados valores de densidade API têm baixa viscosidade e elevado teor de voláteis, ou seja, maior teor de componentes leves. O teor de componentes intermediários e pesados aumenta com o decréscimo da densidade API.

#### **4.1.2.2- Ponto de Inflamação**

Temperatura na qual uma substância libera vapores que se inflamam a partir de um contato com uma fonte de ignição (CETESB, 2004). Óleos leves e produtos refinados são inflamados com mais facilidade do que os óleos pesados. Com a gradual dispersão ou evaporação dos componentes leves e a conseqüente elevação do ponto de inflamação, os produtos vão se tornando menos perigosos para as equipes de limpeza.

#### **4.1.2.3- Ponto de Fluidéz (*Pour Point*)**

“Temperatura abaixo da qual o óleo não fluirá” (API, 1999), “devido a formação de uma estrutura microcristalina que amplia a viscosidade e tensão superficial do produto” (CETESB, 2002).

O ponto de fluidez dos petróleos brutos situa-se entre a temperatura inferior a -30°C para os mais fluidos e +30°C para os mais ricos em parafina (FRONAPE, 2002a). Para os

refinados, o ponto de fluidez pode variar entre -60°C para combustíveis de avião e +46°C para óleos combustíveis nº6.

#### **4.1.2.4- Viscosidade**

Entende-se por viscosidade a resistência interna de um fluido ao escoamento, devido às forças de atrito entre as moléculas (CETESB, 2004).

A viscosidade é inversamente proporcional a temperatura, ou seja, a viscosidade aumenta quando a temperatura diminui e vice-versa; varia com os teores dos componentes (leves, intermediários, pesados) do petróleo ou dos refinados de forma que substâncias contendo maior parte de compostos leves são menos viscosas que aquelas contendo mais compostos intermediários e estas, por sua vez, são menos viscosas que substâncias contendo maior parte de componentes pesados.

Um óleo sob processo de intemperização tem sua viscosidade natural aumentada com a perda de diversos componentes.

#### **4.1.2.5- Tensão superficial**

Constitui-se na força de atração (coesão) entre as moléculas na superfície de um líquido. A tensão superficial diminui com o aumento da temperatura e, juntamente com a viscosidade determinam a taxa de espalhamento da substância na água ou no solo (CETESB, 2004).

#### **4.1.2.6- Solubilidade**

É o processo através do qual uma substância (soluto) dissolve-se em outra (solvente). Geralmente, não ultrapassando 5ppm, a solubilidade do petróleo em água é classificada como extremamente baixa e, dissolvem-se no meio aquático apenas uma pequena parte dos hidrocarbonetos solúveis e dos vários sais minerais presentes no óleo (Poffo, 2000).

## 4.2- Classificação

Diversos sistemas foram desenvolvidos para obtenção de caracterizações padronizadas dos óleos. Seguem algumas dessas caracterizações.

### ✓ Baseada na persistência do óleo no ambiente

O fator persistência é baseado no tempo em que um produto permanece em determinado meio. A persistência é definida como a quantidade do produto original que permanece no solo, sedimento, e coluna d'água após um derrame.

São classificados como não persistentes os produtos refinados de petróleo que tendem a evaporar e dissipar rápida e naturalmente e que raramente requerem limpeza (ITOPF, 2003). A composição desses produtos conta amplamente com componentes de peso leve. Apenas impactos de curta duração são esperados como consequência de um derrame de tais produtos.

Persistentes são aqueles petróleos crus e produtos refinados que tendem a se dissipar mais vagarosamente (CETESB, 2004). Uma mistura de componentes de peso leve e intermediário e componentes pesados formam tais produtos. A composição dos produtos vai sofrendo modificações a medida que os componentes vão sendo removidos pelos processos de intemperização.

Segundo Código Federal Americano de Regulamentações 33 US, Sub-parte 155.1020 os óleos são divididos em cinco categorias baseadas na persistência relativa dos óleos (Tabela 4.1).

**Tabela 4.1-** Caracterização de óleos e derivados em função da persistência no ambiente.

<b>Categoria</b>	<b>Persistência</b>	<b>Densidade Específica</b>	<b>Exemplos</b>
Grupo I	Não persistente	Não aplicável (N/A) *	Gasolina, condensados
Grupo II	Persistente	$< 0,85$	Diesel, óleo cru leve
Grupo III	Persistente	$0,85 \leq 0,95$	Produtos e Óleo cru intermediários
Grupo IV	Persistente	$0,95 \leq 1,00$	Óleo cru pesado, residual
Grupo V	Persistente	$> 1,00$	Produtos com baixo grau API (mais pesados do que água doce)

\* Por possuírem uma baixa densidade específica, os óleos do Grupo I, são simplesmente listados como N/A.

Fonte: API (1999)

De acordo com a FRONAPE (2002a), as duas classificações seguintes (Tabelas 4.2 e 4.3) são as mais usuais na elaboração de seus Planos de Contingência.

#### ✓ Conforme peso específico

**Tabela 4.2-** Caracterização do petróleo e seus derivados em função do peso específico.  
(continua)

<b>Hidrocarbonetos</b>	<b>Propriedades Físicas e químicas</b>
<b>TIPO I: Hidrocarbonetos Leves (Voláteis)</b>  Petróleo Gasolina Querosene Diesel de Automóveis	<ul style="list-style-type: none"><li>• Baixa viscosidade.</li><li>• Elevada taxa de evaporação.</li><li>• Fácil dispersão natural.</li><li>• Solubilidade na água relativamente elevada.</li><li>• Penetração rápida na maioria dos substratos.</li></ul>

(continuação)

Hidrocarbonetos	Propriedades Físicas e químicas
<p><b>TIPO II: Hidrocarbonetos Moderados a Pesados</b></p> <p>Óleo combustível marítimo (MGO) Gasóleo Combustível leve Óleo de lubrificação leve</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viscosidade baixa a moderada.</li> <li>• Evaporação até 50% do volume.</li> <li>• Tendência para formação de emulsões estáveis sob condições de elevada energia física.</li> <li>• Moderada solubilidade na água.</li> <li>• Penetração nos substratos em função da sua configuração.</li> <li>• Dispersão natural de alguns componentes.</li> <li>• Sob condições de tempo ou de clima tropical, a evaporação rápida dos voláteis e a solução das frações solúveis darão lugar a um resíduo degradado menos tóxico.</li> <li>• Potencial afundamento após a degradação atmosférica, particularmente num ambiente de lodo.</li> </ul>
<p><b>TIPO III: Hidrocarbonetos Pesados</b></p> <p>Crus Emulsão água-hidrocarbonetos (mousse de chocolate) Óleo de lubrificação pesado</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada viscosidade.</li> <li>• Dispersão natural relativamente baixa.</li> <li>• Baixa solubilidade na água.</li> <li>• Evaporação inferior a 20% do volume.</li> <li>• Quando degradados por ação atmosférica dão lugar à formação de pedaços de alcatrão à temperatura ambiente, podendo, no entanto, se liquefazerem quando aquecidos.</li> </ul>
<p><b>TIPO IV: Hidrocarbonetos Residuais</b></p> <p>Bunker Combustíveis pesados Crus velhos na forma de “tar balls” Asfalto</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semi-sólidos.</li> <li>• Dispersão nula.</li> <li>• Não voláteis.</li> <li>• Muito baixa solubilidade na água</li> <li>• Formação de pedaços de alcatrão à temperatura ambiente, podendo, no entanto, se liquefazerem quando aquecidos.</li> </ul>

Fonte: FRONAPE (2002a)



Dentro desta classificação, além das propriedades físicas e químicas, há ainda as propriedades toxicológicas que serão mostradas oportunamente quando for tratado o assunto toxicidade aos organismos.

### ✓ Em Função das Propriedades

**Tabela 4.3-** Classificação do petróleo e seus derivados em função de suas propriedades.  
(continua)

Tipo	Principais Propriedades
<p><b>TIPO I – Produtos refinados muito leves</b></p> <p>Gasolina Nafta Solventes Gasolina de aviação 80 / 100</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muito volátil e altamente inflamável (ponto de inflamação próximo dos 40°C).</li> <li>• Elevadas taxas de evaporação; é provável uma completa remoção por evaporação.</li> <li>• Baixa viscosidade; espalha-se rapidamente numa fina película brilhante.</li> <li>• Peso específico menor que 0,80; flutua na água.</li> <li>• Toxicidade aguda elevada para a biota; localmente pode causar severos impactos para a coluna d'água e para os recursos intermarés.</li> <li>• Penetra no substrato causando contaminação abaixo da superfície.</li> </ul>
<p><b>TIPO II – Produtos semelhantes ao diesel e petróleos brutos leves</b></p> <p>Fuel óleo Jet fuel Querosene Marine diesel Petróleo bruto “West Texas” Petróleo bruto “Alberta”</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderadamente volátil (ponto de inflamação varia de 40°C a 65°C).</li> <li>• Evaporação das frações leves (até 2 / 3 do volume derramado).</li> <li>• Peso específico de 0,80 - 0,85; densidade API de 35 - 45; deste modo as camadas flutuam à superfície da água exceto sob condições de mistura turbulenta.</li> <li>• Toxicidade aguda moderada a elevada para a biota; toxicidade específica do produto diretamente relacionada com o tipo e concentração dos compostos aromáticos na fração solúvel na água.</li> <li>• Cobre e penetra no substrato; alguma contaminação abaixo da superfície.</li> <li>• Os hidrocarbonetos espalhados tendem a asfixiar os organismos.</li> </ul>

(continuação)

Tipo	Principais Propriedades
<p><b>TIPO III – Hidrocarbonetos médios e produtos intermediários</b></p> <p>Petróleo bruto “North Slop”  Petróleo bruto “South Louisiana”  Óleos combustíveis intermediários  Óleo de lubrificação</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moderadamente volátil (ponto de inflamação superior a 52°C).</li> <li>• Evaporação até 1 /3 do volume derramado.</li> <li>• Viscosidade moderada a elevada.</li> <li>• Peso específico de 0,85 - 0,95; densidade API de 17,5 - 35.</li> <li>• Toxicidade aguda variável para a biota, dependendo da quantidade da fração leve.</li> <li>• Podem formar emulsões estáveis.</li> <li>• Cobre e penetra no substrato; provável contaminação pesada abaixo da superfície.</li> <li>• Os hidrocarbonetos espalhados tendem a asfixiar os organismos.</li> </ul>
<p><b>TIPO IV – Petróleos brutos pesados e produtos residuais</b></p> <p>Petróleo bruto “Venezuela”  Petróleo bruto “San Joaquin Valley”  Bunker C  Fuel óleo nº 6</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligeiramente volátil (ponto de inflamação superior a 65°C).</li> <li>• Evaporação de uma pequena parcela do volume derramado (geralmente menos que 10 - 15%).</li> <li>• Muito viscosos a semi-sólidos; podem tornar-se menos viscosos quando aquecidos pela luz solar.</li> <li>• Peso específico de 0,95 - 1,00; densidade API de 10 - 17,5; deste modo as camadas flutuam inicialmente e afundam apenas após envelhecimento ou por incorporação de sedimentos.</li> <li>• Baixa toxicidade aguda relativamente aos outros tipos de hidrocarbonetos.</li> <li>• Formam emulsões estáveis.</li> <li>• Provável penetração ligeira no substrato.</li> <li>• Os hidrocarbonetos espalhados tendem a asfixiar os organismos.</li> </ul>

(continuação)

<b>TIPO V – Produtos residuais muito pesados</b>  Asfalto Produtos designados por LAPIO (Low API Oils)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grande potencial de afundamento quando derramados na água.</li><li>• O asfalto quando derramado na água arrefece rapidamente formando uma massa sólida com tendência para o afundamento.</li><li>• Os produtos designados por LAPIO tendem a manter-se no estado líquido à temperatura ambiente.</li></ul> <p>A sua degradação e arrefecimento aumentam a viscosidade, mas a solidificação é um processo à médio prazo.</p> <p>Podem flutuar à superfície da água, manter-se em suspensão na coluna d'água ou afundar.</p> <p>O seu comportamento depende da densidade do produto, homogeneidade da mistura, da densidade da água e das condições físicas do local do derrame.</p>
---	--

Fonte: FRONAPE (2002a)

#### 4.3- Comportamento no meio ambiente

Ao entrar em contato com o ambiente, o produto derramado começa a sofrer contínuos processos físicos e químicos decorrentes das condições ambientais locais como ventos, temperatura, intensidade luminosa, ondas e correntes (ITOPF, 2003). Dependendo da natureza do produto derramado este tenderá a desaparecer ao longo do tempo ou a persistir no ambiente.

As transformações sofridas pelo petróleo e seus refinados no ambiente, chamadas de intemperização, são regidas por processos que podem ser divididos em dois grupos (FRONAPE, 2002a):

✓ Evolução primária que afeta principalmente as características físicas do produto (densidade, viscosidade, ponto de escoamento, solubilidade) sem alterações na natureza química dos componentes. Concentra processos de espalhamento do produto derramado e

evaporação dos componentes leves, à dissolução das frações solúveis, à emulsificação decorrente do hidrodinamismo e à sedimentação por aderência de partículas suspensas na coluna d'água.

✓ Evolução secundária englobando processos mais lentos que podem se estender de meses à anos atuando sobre o produto já envelhecido. Os processos atuantes sobre as moléculas nesta fase são a oxidação química ou fotoquímica microbiana.

As condições específicas locais, como por exemplo, condições de tempo, profundidade, correntes, energia das ondas, habitats, alteram a eficiência de cada um desses processos; contudo, as taxas relativas desses processos são controladas pela natureza físico-química do material derramado (API, 1995).

Os processos podem, assim, serem listados: espalhamento, evaporação, dispersão, dissolução, emulsificação, sedimentação, biodegradação e foto-oxidação. Cabe ressaltar que os processos ocorrem de forma simultânea, não havendo ligação entre o início de um e o término do anterior (Figura 4.1).

#### ✓ **Espalhamento**

Movimento horizontal do óleo na superfície da água devido os efeitos da densidade, inércia, fricção, viscosidade e tensão superficial. Este processo se inicia imediatamente após o derrame e dura de sete a dez dias ou enquanto o óleo estiver sendo contido. Procede com grande rapidez nas primeiras horas (algumas centenas de metro/hora). Após os dois primeiros dias o processo diminui sensivelmente devido à evaporação que torna o petróleo mais pesado e viscoso (API, 1999).

As condições ambientais como vento e correntes agem diretamente no transporte do produto derramado pela superfície da água e na dissociação da mancha (ITOPF, 2003).

O processo de espalhamento aumenta a mancha de óleo aumentando também a área de exposição ao ar, ao sol e o contato com a água do mar, permitindo, dessa forma, um incremento na eficiência de outros processos.

#### ✓ **Evaporação**

Processo de perda para atmosfera dos compostos leves e intermediários, ou seja, os compostos com baixo ponto de ebulição prontamente se evaporam da superfície da mancha (ITOPF, 2003). Inicia-se imediatamente após o derrame e dura por aproximadamente duas semanas e em caso de compostos pesados o processo pode permanecer atuando por até um ano quando o produto permanece no ambiente, embora a taxa de evaporação seja grandemente reduzida após a primeira semana. A evaporação desses compostos promove alterações na composição química do produto. Embora haja redução do volume derramado no decorrer deste processo, os compostos remanescentes têm viscosidade e densidade específicas altas o que deixa a mancha mais espessa.

A evaporação é o primeiro processo que atua na remoção natural do produto na superfície da água, sendo o mais importante neste aspecto durante as primeiras 24 a 48 horas (Tabela 4.4). Dependendo da composição do produto, a evaporação pode ser responsável pela redução de mais da metade do volume da mancha, podendo chegar de 75 a 100% de redução do volume para muitos refinados leves como gasolina e querosene (Lee, 1980, ITOPF, 1987 *apud* API, 1999).

**Tabela 4.4-** Porcentagem de petróleo evaporado em função do tempo e da temperatura.

Tempo em horas	Porcentagem evaporada em função da temperatura ambiente		
	10°C	21°C	38°C
5	16,5	19,5	23,5
10	19,5	22,5	27,0
20	21,5	25,0	30,0
30	23,0	27,0	32,0
40	24,0	28,0	33,0

Fonte: PETROBRAS

A toxicidade do produto também sofre influência deste processo. Os compostos mais leves são considerados mais tóxicos por serem mais biodisponíveis. No entanto, se evaporam dentro das cinco primeiras horas. Desse modo, num derrame os compostos intermediários são os mais tóxicos, pois, apesar de também sofrerem evaporação, permanecem por mais tempo no ambiente.

As propriedades do produto derramado e as condições ambientais influenciam a evaporação tais como: composição e volatilidade do produto; área e espessura da mancha (manchas menos espessas apresentam maior taxa de evaporação); radiação solar e temperatura da água (quanto maior a temperatura maior a taxa de evaporação); vento (CETESB, 2002).

#### ✓ **Dispersão**

Processo que gera a formação de pequenas gotículas do produto derramado ficando suspensas na coluna d'água facilitando o processo de biodegradação (ITOPF, 2003). Constitui-se em um dos mais importantes processos de intemperização durante os primeiros dias do derrame.

Atinge seu máximo em aproximadamente dez horas e continua por muitas semanas participando da redução do volume da mancha, sem alterar as propriedades físicas e químicas do produto sendo, por fim, dependente da mistura natural ou turbulências geradas pelo vento e ondas.

Influenciam o processo de dispersão a viscosidade - quanto mais viscoso o produto menor a dispersão; coesão entre as moléculas, quanto mais espessa a mancha menor a dispersão; tensão interfacial entre o produto e a água, quanto maior a tensão menor a dispersão.

#### ✓ **Dissolução**

Consiste na transferência dos compostos do produto derramado para a coluna d'água (CETESB, 2002).

Apenas uma pequena fração se dissolve, cerca de 2% a 5% (API, 1999). O processo de dissolução é improvável para alguns tipos de óleo, isto porque componentes que poderiam se dissolver provavelmente se evaporam primeiro, já que a evaporação ocorre de 10 a 100 vezes mais rápido (ITOPF, 2003). E mesmo quando se dissolvem podem ser removidos por subsequente evaporação ou por algum outro processo, como biodegradação ou fotooxidação.

As frações que se dissolvem são normalmente as mais tóxicas e, uma vez dissolvidas, tornam-se biodisponíveis. No entanto, os compostos dissolvidos concentram-se próximos a superfície sendo os riscos considerados localizados e de curta duração devido a evaporação e mistura na coluna d'água.

Os compostos leves, como os hidrocarbonetos aromáticos, são mais solúveis.

#### ✓ **Emulsificação**

Incorporação de água ao óleo formando um novo produto (emulsão óleo-água, conhecida como *mousse*) que é relativamente resistente a outros processos de intemperização (ITOPF, 2003).

A emulsificação aumenta de duas a três vezes o volume total de óleo remanescente no ambiente e contém de 30% a 80% de água (API, 1999). É extremamente viscosa e tem densidade próxima à da água do mar, formando como produto final de um derrame as conhecidas pelotas de óleo ou *tar balls*.

O processo se inicia ainda no primeiro dia e pode persistir ao longo do primeiro ano, mas grande parte da emulsão é formada ainda durante a primeira semana após a perda dos componentes leves principalmente pelos processos de evaporação e dissolução (CETESB, 2002).

O processo depende diretamente da viscosidade e composição do óleo, e do estado do mar. Óleos mais viscosos (com altos teores de asfaltenos e parafinas), com componentes

pesados, tendem a formar emulsões água-óleo estáveis. E quanto maior a energia de mistura mais rapidamente forma-se uma emulsão.

### ✓ **Sedimentação**

A sedimentação pode ocorrer essencialmente de três formas: adesão à partículas em suspensão, deposição como pelotas fecais ou por afundamento direto resultante do aumento da densidade em consequência da intemperização (CETESB, 2004).

Inicia-se logo após o derrame, atingindo seu pico algumas semanas depois. É um processo importante em áreas costeiras, com alto hidrodinamismo, onde há maior quantidade de organismos e partículas em suspensão na coluna d'água (CETESB, 2002).

Uma vez sedimentado, aumenta a residência do produto no ambiente, tornando-o uma fonte de contaminação à longo prazo.

O processo ocorre normalmente com os componentes pesados que não se dissolvem na água. A densidade específica influencia o processo de forma que quanto maior a densidade específica menos partículas em suspensão são necessárias para que o óleo se sedimente.

### ✓ **Biodegradação**

Processo através do qual microorganismos (bactérias e fungos) presentes no meio se utilizam dos hidrocarbonetos de petróleo como fonte de alimentação, transformando as moléculas em subprodutos oxidados, que serão, por fim, degradados a CO<sub>2</sub> e água (ITOPF, 2003). É um processo significativo, porém lento, que se inicia tão logo ocorra detoxificação do óleo derramado pelos processos de intemperização e a população microbiana residente tenha crescido e se multiplicado. O pico normalmente se dá dentro do primeiro mês. Ocorre na superfície e coluna d'água, no sedimento e na costa.

A disponibilidade de nutrientes e oxigênio são fatores limitantes do processo. A atividade microbiana é favorecida em temperaturas moderadas, sendo esta, pois, também um interferente do processo (CETESB, 2002).

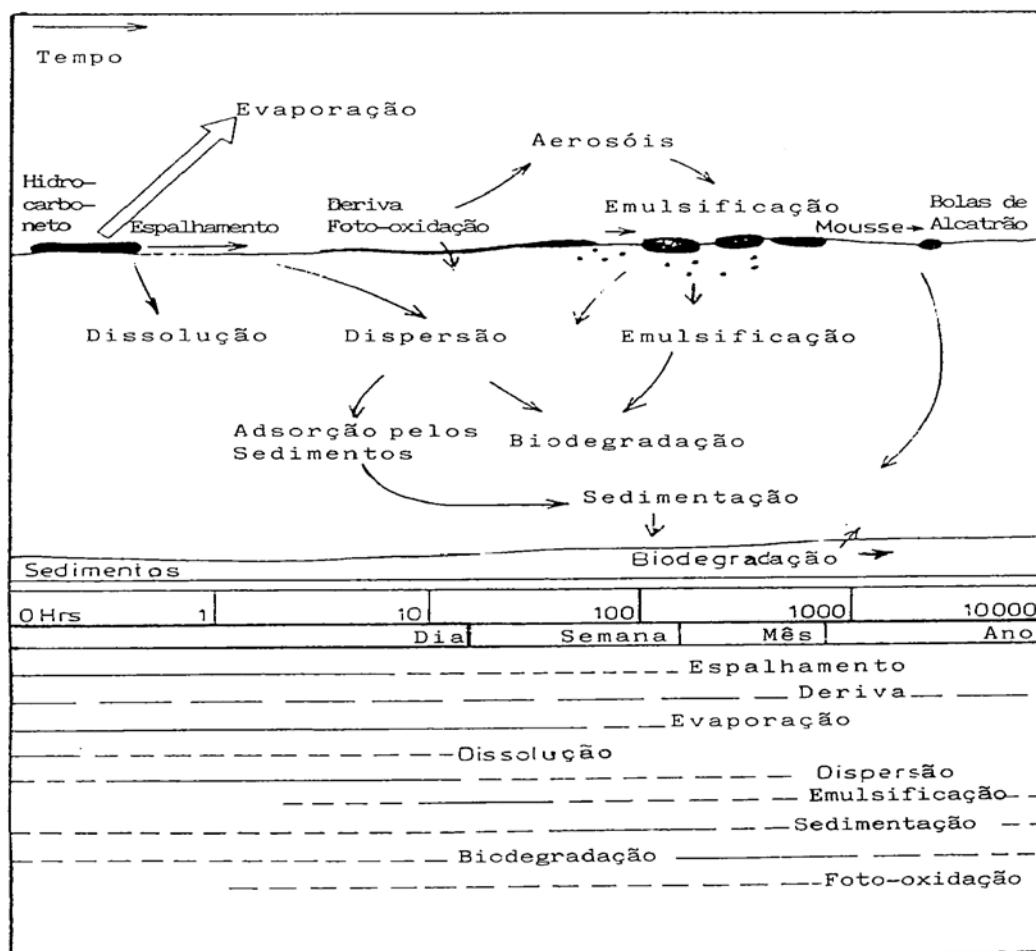


### ✓ Foto-oxidação

Processo através do qual componentes do óleo são quimicamente transformados através de uma reação foto-química, na presença de oxigênio, para produzir novos compostos que tendem a ser mais solúveis e tóxicos (CETESB, 2002). Tais produtos, no entanto, apresentam meia-vida de poucas horas a poucos dias porque são degradados por outras ações fotolíticas e estão sujeitos a se diluírem na coluna d'água.

O processo é diretamente dependente de irradiação solar. Não tem grande significância na intemperização do óleo como um todo (ITOPF, 2003) e é iniciado dentro de algumas horas após o derrame e pode durar de semanas a meses sem, no entanto, ter um pico durante o processo de intemperização.

Na Figura 4.1 são apresentados os processos de intemperização descritos acima.



**Figura 4.1-** Desenho esquemático dos processos de intemperização do petróleo e seus derivados.

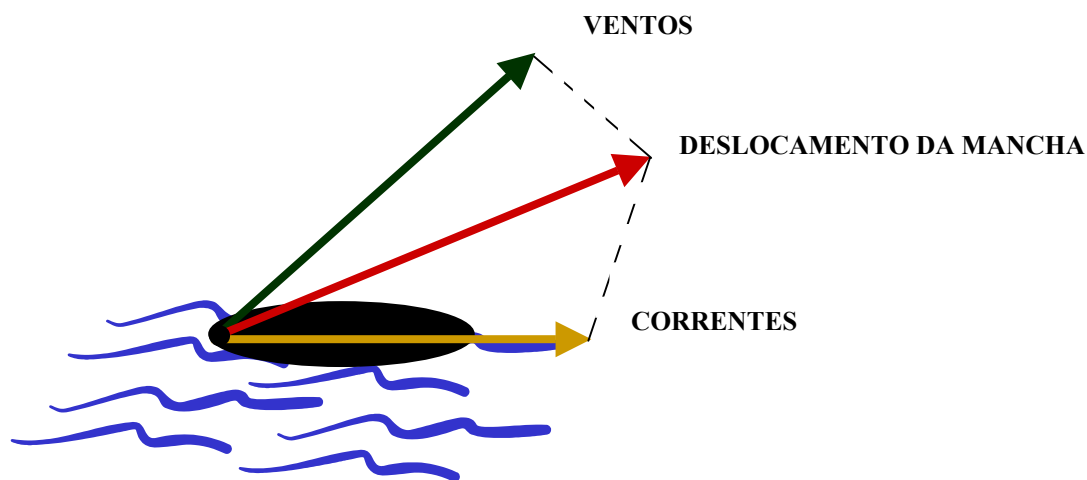
Fonte: FRONAPE (2002a)

De acordo com CETESB (2004) e ITOPF (2003), os processos de espalhamento, evaporação, dispersão, emulsificação e dissolução são os mais importantes durante os estágios iniciais de um derrame, enquanto que os processos de oxidação, sedimentação e biodegradação são mais importantes nos estágios posteriores.

Ao longo do tempo, ocorrerá alterações nas características iniciais do hidrocarboneto derramado no ambiente, ficando este menos tóxico, mais denso e mais persistente (CETESB, 2004).

#### 4.3.1- Deslocamento da mancha

Quando derramado no ambiente, a mancha formada se desloca periféricamente como resultado do processo de expansão e em uma determinada direção que é a resultante da ação dos ventos e das correntes (Figura 4.2).



**Figura 4.2-** Figura esquemática do deslocamento da mancha em função de ventos e correntes.

Uma vez apresentadas as características dos hidrocarbonetos e havendo o entendimento do comportamento destes no meio ambiente, trataremos, a seguir, dos impactos ambientais advindos de derrames acidentais ou operacionais. Além destes, serão abordados os impactos ambientais associados à atividade de navegação que, apesar de chamarem menos atenção, não podem ser vistos como menos importantes.

## **5- MEIO AMBIENTE**

---

O transporte marítimo de petróleo e de derivados é uma atividade com potencial de gerar impactos ambientais, seja pelo derrame acidental da carga no meio ambiente, podendo atingir ecossistemas sensíveis, seja pela própria atividade de navegação que, independentemente do produto transportado, pode gerar impactos por si só.

Uma vez que o petróleo e seus derivados respondem pela maior parte dos graneis líquidos transportados pela costa brasileira e pelos mares do mundo, os impactos advindos da navegação tornam-se relevantes. Em números, os petroleiros transportam cerca de 1.800 milhões de toneladas de óleo cru pelo mundo (IMO, 2004). Em termos percentuais o petróleo e seus derivados respondem por cerca de 40% do comércio marítimo mundial (Intertanko, 2003).

### **5.1- Impactos da navegação**

De um modo geral, a navegação conta com alguns desafios ambientais: efeitos sobre a vida marinha nas operações portuárias, geração de resíduos, poluição do ar, transporte de organismos na água de lastro e transporte de óleo em áreas sensíveis (Araújo, 2002).

#### **5.1.1- Impactos das manobras em áreas portuárias**

Durante as manobras de amarração e fundeio do navio, o impacto recai principalmente sobre as populações bentônicas do entorno, onde a turbulência da manobra provoca ressuspensão do sedimento. Cessado o distúrbio, a nuvem de sedimento suspensa na água começa a decantar e recobre os organismos bentônicos, podendo causar a morte destes.

A ressuspensão pode causar impacto também na coluna d'água, uma vez que poluentes antrópicos que se acumulam no sedimento, incluindo compostos orgânicos e inorgânicos,

podem ser liberados para a coluna d'água (Ingersoll, 1995) e, dependendo do grau de contaminação do sedimento, a disponibilização desses poluentes pode causar efeitos adversos aos organismos da coluna d'água (Burgess *et al.*, 1993).

Além dos poluentes antrópicos, há outros naturalmente presentes, como a amônia, que em sedimentos anóxicos de ambientes eutrofizados, principalmente, chega a concentrações tais, que pode ser tóxica para muitos organismos (Tay *et al.*, 1997; EPS, 1999).

Ainda decorrente da ressuspensão de sedimentos em virtude de operações portuárias dos navios, tem-se a redução do teor de oxigênio dissolvido no ambiente, podendo-se chegar a níveis tão baixos que causem a morte da fauna local, principalmente em se tratando de sedimentos com altos teores de matéria orgânica.

#### **5.1.2- Resíduos**

Dentre os resíduos gerados à bordo incluem-se o esgoto sanitário, o lixo doméstico, o lixo operacional e a água oleosa. Destes, a água oleosa que é diretamente lançada no ambiente constitui-se em um dos resíduos mais preocupantes em termos ambientais.

A Resolução CONAMA nº 20 de 1986, que classifica os diferentes corpos d'água e estabelece limites de lançamentos, institui um teor máximo de óleo e graxa de 20 ppm em águas a serem lançadas no ambiente. Os navios que não têm lastro segregado, por exemplo, minoria dos navios da FRONAPE conforme mostrado no capítulo 3, ao descarregarem, utilizam os mesmos tanques para lastrear o navio com água. Esta água, então, é contaminada com a carga residual, no caso petróleo e derivados, e ao ser descartada apresentará um teor de óleo e graxa que, mesmo estando abaixo dos 20 ppm estabelecidos, constitui-se em uma permanente fonte de poluição.

A poluição por esgoto sanitário é regulada internacionalmente pelo Anexo IV da Convenção Marpol 73/78 que requer que os navios contemplem um sistema de esgoto.

Como exigência da IMO (Marpol, 73/78), o lixo, doméstico e operacional, tem que ser registrado no Livro de Registro de Resíduos e entregue ao porto, onde deve estar em funcionamento um plano de gerenciamento de resíduos atendendo também à Resolução CONAMA nº 05/93. A não implementação deste plano é prevista na Resolução ANVISA nº 217/01, que proíbe a retirada de resíduos sólidos de embarcações em portos que não disponham de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

Tratando-se especificamente de resíduos contaminados por óleo ou substâncias nocivas, a Lei nº 9.966/00 estabelece a obrigação de os portos gerenciarem esses resíduos.

### **5.1.3- Tintas Antiincrustantes**

Como o próprio nome já diz, as tintas antiincrustantes inibem a fixação de organismos no casco do navio. Esta incrustação, além de favorecer a transferência de espécies, aumenta o atrito com a água, aumentando, conseqüentemente, o consumo de combustível e a liberação de poluentes para a atmosfera.

Para o problema de incrustação de organismos no casco dos navios, foram desenvolvidas tintas antiincrustantes contendo compostos metálicos que lentamente contaminam a água do mar matando os organismos aderidos ao casco do navio. Mas estudos demonstraram que estes compostos persistem no ambiente matando a organismos marinhos, causando danos ao ambiente e provavelmente entrando na cadeia trófica (IMO, 2004). A tinta mais comumente utilizada é à base de TBT (tributil) que, reconhecidamente, apresenta efeitos tóxicos aos organismos aquáticos (White & Molloy, 2001)

A nova convenção da IMO de 2001 proíbe a utilização destas tintas em cascos de embarcações e estabelecerá um mecanismo para prevenção de uso de outras substâncias nocivas em sistemas antiincrustantes. A partir de Janeiro de 2003 foi instituída uma proibição global da aplicação de compostos agindo como biocidas em sistemas antiincrustantes, e uma proibição completa se dará a partir de Janeiro de 2008 (IMO, 2004).

#### 5.1.4- Poluição Atmosférica

O modal aquaviário juntamente com o ferroviário são os menos energo-intensivos, ou seja, consomem menos energia por tonelada de carga transportada por quilômetro (Ribeiro *et al.*, 2000). Para movimentar cerca de 14% das cargas (GEIPOT, 2001), o modal aquaviário consome apenas 1,15% do óleo diesel gasto em transporte (MME, 2003).

Ao utilizar combustíveis fósseis para navegar, os navios geram emissões atmosféricas que contribuem para o efeito estufa e para a chuva ácida. Em termos de emissões atmosféricas, as maiores contribuições da navegação em relação aos outros meios de transporte são os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), de 7 a 13% do total emitido anualmente, seguido dos óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), de 4 a 7%; dos compostos orgânicos voláteis (VOC), de 2 a 3%; do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 1,5%, entre outros. Dentre os impactos destaca-se a contribuição de 5 a 10% para a chuva ácida (NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>) em áreas costeiras (Ullring, 1997).

O Anexo VI – Regulamentações para prevenção da poluição do ar – incorporado à Marpol 73/78 em 1997 estabelecerá limites de emissões de SO<sub>x</sub> e NO<sub>x</sub> e proibirá emissões deliberadas de substâncias depletoras da camada de ozônio (IMO, 2004).

O CO<sub>2</sub> é um dos principais produtos resultantes da combustão, principalmente de combustíveis fósseis, e é também o principal contribuinte antropogênico para o efeito estufa. No entanto, conforme pode ser verificado na Tabela 5.1 o transporte hidroviário contribui com uma pequena parcela das emissões de CO<sub>2</sub>.

**Tabela 5.1-** Percentual de emissão de CO<sub>2</sub>, por modal, registrado em 1998 no Brasil.

Modal	Emissão de CO <sub>2</sub> (%)
Rodoviário	90,0
Aéreo	7,6
Ferrovário	0,4
Hidroviário	2,0

Fonte: Ribeiro, *et al.* (2000)

No caso específico dos navios da FRONAPE, é feito um acompanhamento das emissões de poluentes a partir do consumo dos navios, conforme pode ser verificado na Tabela 5.2.

**Tabela 5.2-** Emissão de Poluentes a partir do consumo dos navios da FRONAPE, do ano de 1994 ao ano de 2002.

<b>Tipo de Poluente</b>	<b>Emissão em Toneladas</b>								
<b>Ano</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
NO <sub>x</sub>	80.147	77.227	73.272	64.365	53.911	48.711	43.233	39.454	22.623
CO	1.765	1.700,7	1.613,6	1.417,4	1.187,2	1.072,7	952,1	872,2	846
HC	5.054	4.870,2	4.620,8	4.059,1	3.399,8	3.071,9	2.726,4	2.224	1310
SO <sub>x</sub>	19.575,5	18.862,2	17.896,4	15.720,8	13.167,4	11.897,4	10.559,5	9.600	8.742
CO <sub>2</sub>	2.543.209	2.450.540	2.325.059	2.042.415	1.710.681	1.545.686	1.371.865	1.121.327	1.096.878
Particulados	2.824	2.721,1	2.581,8	2.267,9	1.899,6	1.716,3	1.523,3	1.411	1.303
Nº navios	78	73	70	67	61	61	59	52	56
Consumo combustível	802.274	773.041	733.457	644.295	539.647	487.598	432.765	404.621	388.453

Fonte: Brandão (2003)

Nota-se que o CO<sub>2</sub> representa a maior fatia das emissões atmosféricas oriundas do consumo de combustíveis pelos navios da FRONAPE. Em números, a emissão de CO<sub>2</sub> corresponde a taxas em torno de 95% das emissões computadas. No entanto, conforme apresentado na tabela 5.1, as emissões de CO<sub>2</sub> oriundas do modal aquaviário representam apenas 2,0% do total de CO<sub>2</sub> emitido pelos meios de transporte, sendo o modal rodoviário o principal contribuinte.

Neste âmbito, a Petrobrás vem desenvolvendo um inventário de emissões atmosféricas com ênfase nos gases de efeito estufa em todos os segmentos em que atua, aí incluído o transporte marítimo. Com o resultado deste levantamento, a empresa poderá identificar pontos de melhoria visando a redução dessas emissões.



### 5.1.5- Transferência de espécies exóticas

Muitos dos problemas ambientais atuais decorrentes da navegação surgiram como uma busca de soluções para as necessidades da época. O lastro, que foi uma solução encontrada para resolver a questão da estabilidade de um navio transitando sem carga, tornou-se um vilão ao servir como um importante condutor e introdutor de organismos exóticos, que oferecem riscos aos ambientes costeiros, principalmente. É um claro exemplo de como soluções e problemas se confundem ao longo do tempo, e Albert Einstein sabiamente traduz isto na seguinte frase:

*“Os problemas que temos nos dias de hoje não podem ser resolvidos pensando da mesma forma como pensávamos quando os criamos”.*

Os navios, quando navegando sem carga, enchem seus tanques de lastro com água do local para manter a estabilidade, balanço e integridade estrutural durante a navegação, e seguem para seu destino. Na água captada encontram-se diversos organismos, que quanto mais perto da costa maior a densidade, justificada pela maior disponibilidade de alimento. Ao chegar ao seu destino, os tanques de lastro são esvaziados e os organismos que sobreviveram à viagem são liberados no meio ambiente. Além da água de lastro, as incrustações no casco dos navios também atuam como vetores de espécies exóticas, apesar de as tintas anti-incrustantes reduzirem bastante a quantidade de organismos incrustados no casco dos navios (Silva *et al.*, 2002).

A probabilidade de sobrevivência dos organismos na transposição de barreiras naturais é aumentada quando são implementadas mudanças relacionadas ao aumento da velocidade, ao tamanho dos navios e ao tamanho dos tanques (White & Molloy, 2001), bem como ao aumento do comércio marítimo mundial. O problema é acentuado também pelo fato de que quase todas as espécies marinhas têm uma fase planctônica durante o ciclo de vida.

Essa transferência de organismos de um ponto para outro do planeta constitui-se em uma séria ameaça, podendo causar danos irreversíveis na estrutura dos ecossistemas afetados e na sociedade (Carlton & Geller, 1993). De uma maneira geral, os riscos podem ser ambientais, à saúde humana e à economia, conforme descrito a seguir.

➤ Riscos Ambientais – os organismos exóticos sobreviventes podem se adequar às condições ambientais do local, se reproduzirem e iniciarem uma competição por alimento, habitat e outros recursos, podendo causar a extinção de uma espécie nativa. Em suma, a introdução de organismos exóticos pode resultar em alterações no ecossistema, desequilibrando o mesmo. Na maioria das vezes, a introdução de espécies constitui-se num impacto irreversível, sendo que os ambientes mais protegidos são justamente os mais suscetíveis ao estabelecimento de espécies exóticas (Silva *et al.*, 2002; Carlton & Geller, 1993).

➤ Riscos à saúde humana – certos organismos presentes na água de lastro podem ser patogênicos e disseminar moléstias onde forem introduzidos. Como exemplo pode-se citar a epidemia da cólera na América Latina provavelmente procedente da Ásia (Silva *et al.*, 2002). O mais provável, no entanto, é a disseminação de microorganismos tóxicos com grande potencial de reprodução (*bloom*) entrando na cadeia alimentar, após serem filtrados por organismos tais como mexilhões e ostras, que posteriormente são consumidos pelo homem, podendo causar paralisias e até a morte (White & Molloy, 2001).

➤ Riscos às atividades econômicas – o desequilíbrio do ecossistema pode se traduzir em prejuízos para as atividades que utilizam recursos vivos do mar. No mar Negro, por exemplo, a queda da pesca comercial deve-se a uma redução do plâncton nativo causada pela introdução de um cnidário filtrador dos EUA (MMA, 2003).

Na Tabela 5.3 são apresentados alguns exemplos de transferências de organismos via água de lastro entre regiões do mundo bem como os impactos ambientais e econômicos deles decorrentes.

**Tabela 5.3-** Exemplos de invasões bem sucedidas de organismos transportados por água de lastro.

Espécie	Local invadido	Local de origem	Prejuízo causado
<i>Dreissena polymorpha</i> (mexilhão zebra)	Grandes Lagos norte-americanos	Europa	De US\$ 750 milhões a US\$ 1 bilhão entre 1989 e 2000 em medidas de controle.
<i>Undaria pinnatifida</i> (alga marinha)	Austrália	Ásia	Competição e eliminação de comunidades bentônicas das áreas invadidas.
<i>Mnemiopsis leidyi</i> (água viva)	Mar Negro	América do Norte	Esgotamento do estoque de plâncton resultando em um colapso da pesca comercial
<i>Limnoperna fortunei</i> (mexilhão dourado)	Argentina e Brasil	China e Sudeste da Ásia	Incrustação nos equipamentos da usina hidrelétrica de Itaipu
<i>Charybdis hellerii</i> (siri)	Oceano Índico	Baía de Todos os Santos (Bahia), baías de Sepetiba e Guanabara (Rio de Janeiro)	Desaparecimento de espécies nativas de siri com importância pesqueira
<i>Isognomon bicolor</i> (molusco bivalve)	Caribe (introduzida)	Região entremarés do litoral brasileiro	Impede a fixação de espécies nativas nos costões
<i>Asterias amurens</i> (estrela-do-mar)	Pacífico	Austrália	Ameaça o estoque comercial de outros recursos do mar como as ostras

Fonte: Com base no texto MMA (2003); IMO (2003)

Além destes, pode-se destacar o caranguejo *Carcinus maenas* (oriundo da Europa), o poliqueto *Sabella spallanzani* (oriundo da Europa) e dinoflagelados tóxicos dos gêneros *Gymnodinium* e *Alexandrium* (oriundos do Japão), que causaram prejuízos à pesca e a aquicultura industrial (Silva *et al.*, 2002). De acordo com o mesmo autor, no Brasil há relato de estabelecimento do caranguejo-aranha *Pyromaia tuberculata* já tendo o mesmo sido detectado no Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná.

Estimativas apontam para um volume anual de 3 a 10 bilhões de toneladas de água de lastro transportada entre diversas regiões do mundo (IMO, 2003). As estimativas do número de espécies vegetais e animais transportados diariamente na água de lastro variam de 3000 (Pimenta & Land, 1997) a 7000 (MMA, 2003; IMO, 2003). Outro dado que também impressiona é que um único navio de 200.000 toneladas transporta 60.000 toneladas de água de lastro (IMO, 2003).

O problema global é reconhecido pela Organização Marítima Internacional (IMO) e pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Como iniciativa da IMO, o Programa Global de Gerenciamento de Água de Lastro (Globallast) tem por objetivo assistir países em desenvolvimento a reduzir a transferência de organismos através da água de lastro. O programa selecionou 6 portos para o projeto piloto, dentre eles o porto de Sepetiba no Rio de Janeiro, e através de seus resultados poderá implementar as normas para a gestão da água de lastro de maneira uniforme em todo o mundo.

A transferência de organismos exóticos foi identificada como uma das quatro grandes ameaças aos oceanos (White & Molloy, 2001; MMA, 2003; Raaymakers, 2002).

Com o intuito de reduzir a introdução de espécies exóticas, algumas resoluções foram adotadas:

- 1991: o Comitê de Proteção do Ambiente Marinho – Marine Environment Protection Committee (MEPC) da IMO – adotou a Resolução MEPC 50(31) – Diretrizes para

prevenção da introdução de organismos e patógenos indesejados presentes nas água e sedimento dos tanques de lastro;

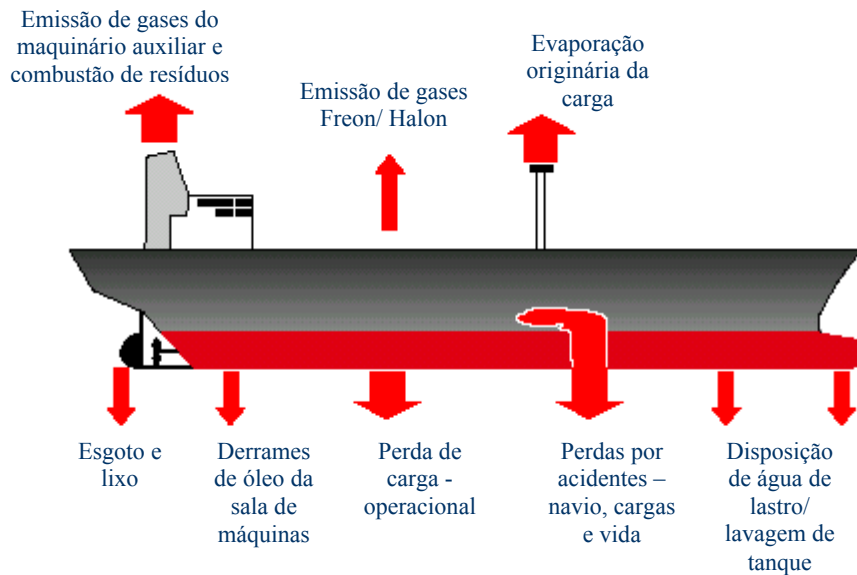
➤ 1993: a Assembléia da IMO adotou a Resolução A.774(18) de mesmo nome da anterior e baseada na mesma, sendo solicitada a revisão das diretrizes com o intuito de aplicá-la internacionalmente;

➤ 1997: a 20ª Assembléia da IMO adotou a Resolução A.868(20) – Diretrizes para o controle e gerenciamento da água de lastro para minimizar a transferência de organismos aquáticos e patógenos (IMO, 1997).

Em fevereiro deste ano, a IMO adotou uma nova convenção – Convenção para controle e gerenciamento da água e sedimento dos tanques de lastro – exigindo que as seguintes práticas sejam implementadas pelos navios: dispor de um Plano de Gerenciamento da água e do sedimento dos tanques de lastro, ter um livro de registro de água de lastro e adequar os procedimentos de gerenciamento da água de lastro aos padrões determinados. Os navios já existentes terão um período para adaptação (IMO, 2004). A convenção entra em vigor em 12 meses após ser ratificada por 30 países.

A PETROBRAS vem desenvolvendo pesquisas e apresentado propostas à IMO cooperando com a busca de uma solução para o problema (Pimenta & Land, 1997).

De maneira geral, as emissões de um navio são oriundas de diversas fontes a bordo e contribuem para efeitos adversos ao meio ambiente (Ullring, 1997), conforme exemplificadas na Figura 5.1.



**Figura 5.1-** Fontes de emissão de um navio para o ar e para o mar.

Fonte: Ullring (1997)

## 5.2- Derrames de óleo

O principal cenário de risco identificado no transporte marítimo de petróleo e de derivados refere-se ao derrame da carga transportada, que pode atingir diversos ecossistemas marinhos de grande relevância ecológica e econômica. Com o intuito de mitigar os impactos causados por um derrame acidental e de estabelecer as ações de remediação, é de fundamental importância o prévio conhecimento dos efeitos e os processos do óleo no ambiente marinho.

Diversos estudos foram desenvolvidos em áreas da costa brasileira com o intuito de avaliar os efeitos dos derrames de óleo nos ecossistemas costeiros (Anexo II).

### 5.2.1- Efeitos no meio ambiente

Os impactos ambientais decorrentes de derrames de petróleo e de derivados podem ser classificados como agudos ou crônicos. Impactos agudos são aqueles que causam efeitos

letais aos organismos, geralmente decorrentes de um evento accidental que os expõe ao agente contaminante por um curto período de tempo (Rand, 1995), sendo as frações tóxicas solúveis em água rapidamente diluídas, procedendo a recuperação da área atingida a partir do recrutamento de organismos oriundos de regiões não atingidas.

A poluição crônica é caracterizada pela exposição prolongada ao agente contaminante, fazendo com que as frações tóxicas persistam no ambiente, dificultando ou mesmo inviabilizando a recuperação do mesmo. Os impactos crônicos geram efeitos subletais, que podem afetar algum estágio do ciclo de vida do organismo como o crescimento, a reprodução e o desenvolvimento larval. Esses impactos decorrem de atividades desenvolvidas ao longo dos anos com aporte constante de poluentes – normalmente em baixas concentrações – no meio ambiente, sendo esse tipo de poluição ecologicamente mais grave do que a aguda (Rand, 1995). Além disso, a contínua exposição ao poluente pode levar ao acúmulo deste no sedimento permitindo, mediante revolvimento, a contínua liberação de frações tóxicas mesmo após interrupção da fonte poluidora, retardando ainda mais o início da recuperação do ambiente atingido.

No caso do transporte de petróleo e de derivados, a poluição marinha por hidrocarbonetos de petróleo ocorre de forma crônica como resultado de uma ação rotineira de manutenção dos navios e constantes descargas nos portos e terminais, e de forma aguda como resultado de eventuais derrames no meio ambiente em função de acidentes com petroleiros.

Os efeitos de um derrame à vida marinha podem resultar tanto da natureza física do produto derramado como dos componentes químicos e também das operações de limpeza, quando não adequadas (Khanna & Barua, 2001). Um derrame pode, então, provocar uma série de impactos, dentre eles alterações físicas e químicas dos habitats naturais, resultante, por exemplo, da incorporação do óleo ao sedimento, recobrimento físico da fauna e flora, efeitos letais ou sub-letais nos organismos, e mudanças nas comunidades biológicas resultantes dos efeitos do óleo sobre organismos-chave. (Dicks, 1998). Os efeitos podem, então, ser divididos em dois grupos (Figueiredo, 1993):

- Efeitos visíveis, como a morte de organismos (aves, mamíferos marinhos, peixes, etc), o gosto de óleo nos recursos pesqueiros e sujeira nas praias, redes de pesca e embarcações, e
- Efeitos não visíveis, que representam interferências nos diversos níveis de organização de um sistema (Crapez, 2001), desde as funções celulares e fisiológicas até a estrutura ecológica das comunidades aquáticas.

Os efeitos a curto prazo podem ser causados por recobrimento e asfixia, tais como redução da luminosidade, diminuição do oxigênio dissolvido, danos às aves aquáticas, e pela toxicidade do produto derramado. Os efeitos a longo prazo não são tão aparentes (Stocker & Seager, 1981) e alguns compostos podem ser bioacumulados ao longo da cadeia trófica podendo trazer efeitos nocivos ao homem (Stocker & Seager, 1981).

A toxicidade (Tabela 5.4) normalmente relaciona-se a substâncias de alta volatilidade e, portanto, raramente ocorre mortalidade em grande escala decorrente da toxicidade do produto. No entanto, efeitos sub-letais com repercussão na capacidade de reprodução, crescimento e alimentação foram observados experimentalmente (Khanna & Barua, 2001).

**Tabela 5.4-** Propriedades toxicológicas dos hidrocarbonetos. (continua)

<b>Hidrocarbonetos</b>	<b>Propriedades Físicas e químicas</b>
<b>Hidrocarbonetos Leves (Voláteis)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toxicidade aguda em função do teor e concentração de frações aromáticas.</li> <li>- Muito tóxicos para a biota quando fresco, mas devido à evaporação a toxicidade diminui rapidamente. A toxicidade aguda variará em função das espécies devido às diferenças nos graus de assimilação e de liberação das frações aromáticas.</li> <li>- Os compostos de peso molecular elevado são de imediato, menos tóxicos, mas podem ser responsáveis por efeitos crônicos uma vez que muitos deles são reconhecida ou potencialmente carcinogênicos.</li> </ul>
<b>Hidrocarbonetos Moderados a Pesados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toxicidade variável dependendo do conteúdo de aromáticos.</li> <li>- A toxicidade aguda diminuirá ao longo do tempo por evaporação das frações voláteis.</li> <li>- Toxicidade aguda e crônica para os organismos marinhos, em resultado de um abafamento físico/mecânico, toxicidade química (exposição a frações aromáticas muito tóxicas) e/ou combinação destes dois efeitos.</li> </ul>



(continuação)

Hidrocarbonetos	Propriedades Físicas e químicas
<b>Hidrocarbonetos Pesados</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Toxicidade relativamente baixa.</li><li>- A toxicidade aguda e crônica ocorre mais pelo efeito de abafamento do que pela toxicidade química, dada a pequena porcentagem de frações aromáticas tóxicas.</li><li>- As plantas marinhas e os organismos sedentários são mais susceptíveis de serem afetados do que os organismos móveis.</li><li>- Podem também resultar danos causados por estresse térmico provocado por temperaturas elevadas existentes em habitats contaminados com hidrocarbonetos em áreas de águas mornas.</li><li>- Abafamento/asfixia.</li></ul>
<b>Hidrocarbonetos Residuais</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Relativamente não tóxicos. Baixa toxicidade na maioria dos ambientes.</li><li>- Pequena quantidade de frações aromáticas tóxicas.</li><li>- A toxicidade converte-se num problema apenas quando os hidrocarbonetos são retidos por longos períodos de tempo em ambientes sensíveis, tais como manguezais.</li></ul>

Fonte: FRONAPE (2002a)

A extensão dos impactos causados pelo derramamento de petróleo no ambiente está diretamente relacionada à quantidade e tipo de óleo vazado, às características do ambiente atingido e sua sensibilidade, às condições meteo-oceanográficas e ao tempo de permanência do petróleo no meio ambiente (IPIECA, 1991 *apud* Poffo, 2000).

Um derrame, mesmo que de pequeno porte, pode levar a danos irreversíveis, a depender da sensibilidade do local atingido (Kingston *et al.*, 2003), e esses danos aumentam em função da proximidade com a costa (ITOPF, 1986 *apud* Poffo, 2000).

A persistência do óleo no mar varia em função das características do produto, conforme apresentado no capítulo 4. Quanto maior a persistência do óleo no mar, maior a extensão e a gravidade do dano ambiental.

Ao atingir o sedimento, os hidrocarbonetos de petróleo podem ali residir por longos períodos, principalmente em sedimentos com granulometria fina e ambientes costeiros de baixo hidrodinamismo, como os mangues (Little & Scales, 1987). O sedimento torna-se uma fonte de hidrocarbonetos para a coluna d'água e, de acordo com Crapez (2001), isto gera conseqüências, tais como a redução da disponibilidade de oxigênio restringindo a degradação bacteriana e a conseqüente recuperação ambiental.

Corredor *et al.* (1990) afirmam que, em ambientes tropicais, ainda que o óleo derramado geralmente rapidamente se degrade, as frações que atingem o sedimento podem persistir por um período maior de tempo. Corroborando este fato, Reedmon *et al.* (1992 *apud* Silva 1996) afirmam que, mesmo nos derrames significativos ou catastróficos, como o ocorrido na guerra do Golfo, o óleo é em grande parte degradado no prazo de alguns meses, se não houver enterramento do óleo, quando então o tempo de residência no ambiente afetado pode chegar a mais de vinte anos. O mesmo padrão foi observado no derrame decorrente do acidente com o navio *Braer* em 1993, onde estudos mostraram que o óleo estava se misturando para baixo nos sedimentos, havendo pouco sinal de degradação (Davies *et al.*, 1995).

Em ambientes com sedimentos anóxicos, o óleo persiste por um período de tempo ainda maior (Davies *et al.*, 1995), principalmente as frações aromáticas mais tóxicas, e alguns efeitos duram enquanto o óleo estiver presente (Howarth, 1988). Os resultados encontrados por Corredor *et al.* (1990) no estudo de dois derrames na costa porto riquenha demonstram que, no caso de ambientes entremarés rodeados por manguezais, as altas taxas de degradação de hidrocarbonetos de petróleo registradas para ambientes tropicais podem não ser aplicáveis, e ressalta que as condições anóxicas do sedimento são grandes influenciadoras das baixas taxas de biodegradação.

De acordo com Kingston *et al.* (2003), o sedimento é um bom indicador da magnitude da contaminação ambiental resultante de um derrame, uma vez que as partículas de sedimento adsorvem os poluentes da coluna d'água e os acumula, elevando-os a níveis detectáveis.

### 5.2.1.1- Efeitos sobre os organismos

Os efeitos biológicos dos hidrocarbonetos de petróleo sobre os organismos marinhos (Tabelas 5.5) dependem de sua persistência e biodisponibilidade, da capacidade dos organismos de acumular e metabolizar diversos hidrocarbonetos, do destino dos produtos metabolizados, e da interferência dos hidrocarbonetos sobre os processos metabólicos normais que podem alterar as chances de sobrevivência e reprodução de um organismo no meio ambiente (Capuzzo, 1985). Considerando os efeitos de longo prazo, é importante considerar as mudanças ecológicas na estrutura e função da comunidade, e os impactos nos recursos pesqueiros.

A poluição por óleo pode causar danos às comunidades e aos ecossistemas marinhos. Os efeitos mais bem documentados são alterações na composição específica, com as espécies mais sensíveis sendo substituídas por espécies mais tolerantes à poluição (Howarth, 1988).

Os impactos sobre os organismos podem ser físicos quando os mesmos são recobertos pelo produto derramado podendo levar à morte dos mesmos por asfixia, e/ou tóxicos quando acumulam os hidrocarbonetos depositados no sedimento. Os efeitos tóxicos podem dizimar culturas inteiras de recursos pesqueiros, como ocorreu em decorrência do derrame do *Amoco Cadiz*, onde os cultivos de crustáceos, ostras e outros bivalves só puderam ser retomados 3 anos após o acidente (Crapez, 2001).

Um derrame de óleo, ao atingir o ambiente marinho, afeta primeiramente a coluna d'água, expondo os organismos pelágicos imediatamente ao produto derramado. Há claras evidências de que o óleo dissolvido pode causar prejuízos aos organismos e à comunidade planctônica, se persistir em concentrações suficientemente altas por um período de tempo (Howarth, 1988). Johansson *et al.* (1980), estudando o derrame causado pelo navio *Tsesis*, verificaram que os efeitos sobre os organismos pelágicos duraram menos de um mês e apenas nas imediações do acidente, tendo sido detectados efeitos severos apenas por alguns dias.

No entanto, o sistema planctônico é caracterizado por grandes variações naturais espacial e temporal, fazendo com que seja extremamente difícil a determinação dos efeitos da poluição por óleo (Howarth, 1988).

O óleo no sedimento, mesmo em concentrações relativamente baixas, pode alterar a estrutura das comunidades bentônicas, seja através de uma poluição aguda ou crônica. As espécies sensíveis morrem ou abandonam o local, e são substituídas por espécies oportunistas tolerantes ao óleo. O número total de espécies diminui e, geralmente, a biomassa também diminui (Howarth, 1988). A destruição dos organismos bentônicos reduz a coesão dos sedimentos e acelera o transporte, fazendo com que este sedimento contaminado se espalhe por uma área maior (Stocker & Seager, 1981).

Em geral, os organismos bentônicos da região entremarés de ambientes expostos se recuperam mais rapidamente do que os de ambientes abrigados, devido à ação das ondas promover a remoção do produto derramado, além do que os organismos dessas áreas tendem a ser mais efêmeros e, conseqüentemente, mais aptos a recolonizar um ambiente impactado (Kingston, 2002).

Para as comunidades do infralitoral, a recuperação já é um pouco mais demorada uma vez que este ambiente normalmente é contaminado pelo óleo que sedimenta e não há práticas de limpeza para a remoção do óleo (Kingston, 2002).

**Tabela 5.5-** Efeitos do derrame de petróleo em comunidades biológicas.

Comunidade	Efeito
<b>Bactérias</b>	Positivos para os grupos que degradam o óleo, com expressivo aumento das populações, e negativos para os grupos que não têm afinidade com o mesmo.
<b>Plâncton</b>	
Biomassa e produtividade do fitoplâncton	Aumento devido à diminuição da pastagem; depressão da clorofila <i>a</i>
Zooplâncton	Redução da população; contaminação
<b>Bentos</b>	
Anfípodas, isópodas, ostracodas	Mortalidade inicial; população decresce
Moluscos, especialmente bivalves	Mortalidade inicial; contaminação, histopatologia
Poliquetas oportunistas	População aumenta
Comunidades do macrobentos	Decréscimo de diversidade
<b>Entre marés e litoral</b>	
Crustáceos da meiofauna, carangueijos	Mortalidade inicial; população decresce
Moluscos	Mortalidade inicial; contaminação, histopatologia
Poliquetas oportunistas	População aumenta
Maioria das comunidades	Decréscimo de diversidade
<b>Algas</b>	Decréscimo de biomassa; espécies são substituídas
<b>Peixes</b>	
Ovos e larvas	Diminuição de eclosão e sobrevivência
Adultos	Mortalidade inicial; contaminação, histopatologia. Normalmente afastam-se do local atingido.
<b>Aves</b>	
Adultos	Mortalidade por esgotamento físico (recobrimento), intoxicação; decréscimo populacional.
<b>Mamíferos e répteis aquáticos</b>	Recobrimento e intoxicação. Normalmente afastam-se do local atingido

\*Período de impacto depende em escala e duração do derrame e das características do sistema específico.

Fonte: Wolfe (1985 *apud* Crapez, 2001), adaptado.

Organismos, tais como os filtradores, expostos a um derrame, acumularão hidrocarbonetos em níveis superiores ao do ambiente. No entanto, tão logo sejam expostos a uma água limpa, os contaminantes são rapidamente depurados. Ao se pensar na transferência desses compostos ao longo da cadeia trófica, tem-se uma clara redução entre os níveis, principalmente pela transformação de alguns compostos através dos processos metabólicos específicos de cada organismo, que normalmente produzem metabólitos que são excretados. Devido à rápida diluição destes metabólitos no ambiente e à lenta produção dos mesmos, é improvável que causem impacto ecológico significativo (Kingston, 2002).

A estimativa do número de aves afetadas por óleo em um derrame é altamente especulativa, o tamanho do derrame pouco tem a ver com o número de aves atingidas e há poucas evidências de efeitos a longo prazo sobre as aves (Kingston, 2002; Heubeck, 1995). No entanto, Monaghan *et al.* (1995) ressaltam que atenção deve ser dada também aos efeitos diretos subletais da contaminação prejudicando o desempenho (reprodutivo, alimentar) dos indivíduos, e aos efeitos indiretos às aves decorrentes das alterações nos ecossistemas, como por exemplo, a redução da oferta de alimento. No caso do acidente com o navio *Braer*, o estudo realizado pelos autores não evidenciou quaisquer efeitos direto subletal ou indireto significativos.

#### **5.2.1.2- Efeitos nos ecossistemas marinhos**

A região costeira apresenta grande riqueza biológica, abrigando boa parte da biodiversidade marinha (CETESB, 2004). A costa brasileira, com 7.491 km de extensão abriga inúmeros ecossistemas típicos, quais sejam, manguezais, costões rochosos, praias, recifes de coral, marismas e águas abertas. Muitos desses ecossistemas costeiros tornam-se mais vulneráveis quando têm em suas proximidades terminais marítimos, onde ocorrem as atividades de carga e descarga dos navios que, conforme mostrado no capítulo anterior, caracterizam-se por serem as operações de maior risco de derrame.

Na Tabela 5.6 é apresentada uma síntese dos impactos causados nos ecossistemas costeiros.

**Tabela 5.6-** Descrição dos ecossistemas costeiros e dos impactos causados por um derrame de óleo. (continua)

<b>Ecossistema</b>	<b>Distribuição na costa brasileira</b>	<b>Principais Características</b>	<b>Importância Ecológica e Econômica</b>	<b>Principais Impactos</b>
<b>Manguezal</b>	Entre o Cabo Orange (Amapá) e Laguna (Santa Catarina), com interrupções apenas em trechos com condições desfavoráveis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecossistema de transição entre os ambientes terrestres e aquáticos;</li> <li>- Caracterizado por espécies vegetais lenhosas típicas que apresentam adaptações lhes permitindo resistir às variações de salinidade, sedimento lodoso com baixo teor de oxigênio e regime de marés;</li> <li>- Fauna composta por espécies residentes (crustáceos, moluscos, peixes, aves e outros), transitórias e por organismos jovens (criadouro).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berçário de espécies;</li> <li>- Exportação de matéria orgânica para sistemas adjacentes;</li> <li>- Amenização do impacto do mar na terra;</li> <li>- Filtro biológico de sedimentos e nutrientes impedindo o assoreamento e a contaminação das águas costeiras;</li> <li>- Alta produtividade;</li> <li>- Estabilização física da linha da costa;</li> <li>- Extrativismo, principalmente de madeira;</li> <li>- Agricultura e silvicultura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grande acúmulo do produto derramado;</li> <li>- Dificuldade de remoção do produto derramado;</li> <li>- As características do sedimento (fino e anóxico) reduzem a decomposição microbiana;</li> <li>- Recobrimento da fauna e da zona de trocas gasosas dos vegetais;</li> <li>- Efeito tóxico sobre as raízes, comunidade microbiana do solo e outros organismos;</li> <li>- Bioacumulação;</li> <li>- Mortalidade de organismos.</li> </ul>
<b>Marismas</b>	Ocorrem principalmente na região Sul, abrangendo os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comunidade vegetal predominantemente halófito e, na maioria das vezes, composta por uma ou poucas espécies de gramíneas;</li> <li>- Caracterizado por uma vegetação herbácea;</li> <li>- Área normalmente inundada;</li> <li>- Fauna e flora adaptadas às variações de salinidade e temperatura;</li> <li>- Fauna composta por invertebrados, peixes, microorganismos, aves.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berçário de espécies;</li> <li>- Alta produtividade primária;</li> <li>- Degradação dos vegetais constitui importante fonte de matéria orgânica que é a base de cadeias tróficas complexas;</li> <li>- Fonte e depósito de nutrientes, principalmente nitrogênio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grande acúmulo do produto derramado;</li> <li>- Dificuldade de remoção do produto derramado;</li> <li>- As características do sedimento (fino e anóxico) reduzem a decomposição microbiana;</li> <li>- Asfixia química dos vegetais, reduzindo a transpiração, respiração e fotossíntese;</li> <li>- Absorção da fração tóxica do óleo através de folhas ou raízes podendo causar envenenamento pela ruptura das membranas e organelas celulares;</li> <li>- Bioacumulação;</li> <li>- Mortalidade de organismos;</li> <li>- Aumento da erosão.</li> </ul>

(continuação)

<b>Ecossistema</b>	<b>Distribuição na costa brasileira</b>	<b>Principais Características</b>	<b>Importância Ecológica e Econômica</b>	<b>Principais Impactos</b>
<b>Praias</b>	Toda a costa brasileira	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maioria dos organismos vivem no interior do sedimento (infauna);</li> <li>- Adaptado a variações de marés, ação de ondas, temperatura, salinidade, oxigênio, conteúdo orgânico;</li> <li>- Abriga a maioria dos grupos animais;</li> <li>- Poucos vegetais conseguem se fixar na região entremarés;</li> <li>- Distribuição e diversidade de invertebrados é determinada pelos fatores físicos, principalmente ação das ondas que determina o tamanho das partículas do sedimento e a declividade.</li> <li>- Diversidade e abundância decresce com o aumento do grau de exposição da praia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desova de quelônios marinhos;</li> <li>- Turismo e lazer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacto varia em função do hidrodinamismo, declividade, marés, granulometria, composição biológica;</li> <li>- Recobrimento (asfixia) e intoxicação de organismos causando interferência nos processos de locomoção, alimentação e reprodução;</li> <li>- Mortalidade de organismos;</li> <li>- Bioacumulação;</li> <li>- Alterações nas características físicas e químicas dos sedimentos.</li> </ul>
<b>Costões Rochosos</b>	Toda a costa brasileira	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sujeitos à ação de ventos, ondas, correntes e marés com variações na temperatura, umidade e salinidade, sendo a distribuição e diversidade de invertebrados determinada pelos fatores físicos;</li> <li>- Rica e complexa comunidade biológica, principalmente nos costões mais abrigados;</li> <li>- Hidrodinamismo influi no grau de diversidade, sendo as maiores diversidades registradas em locais com grau intermediário de hidrodinamismo;</li> <li>- Costões com maior quantidade de microhabitats tendem a abrigar uma maior diversidade de espécies.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Importante no equilíbrio dos ecossistemas costeiros, uma vez que representam ambientes ricos em recursos alimentares;</li> <li>- Exploração de recursos como ostras, mexilhões e algas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacto varia principalmente em função das marés e do hidrodinamismo, sendo os costões mais expostos os menos sensíveis;</li> <li>- Recobrimento (asfixia) e intoxicação de organismos causando interferência nos processos de locomoção, alimentação e reprodução;</li> <li>- Mortalidade de organismos;</li> <li>- Bioacumulação.</li> </ul>



(continuação)

<b>Ecossistema</b>	<b>Distribuição na costa brasileira</b>	<b>Principais Características</b>	<b>Importância Ecológica e Econômica</b>	<b>Principais Impactos</b>
<b>Recifes de Coral</b>	Distribuídos de forma esparsa, sendo a maior concentração no Arquipélago de Abrolhos (sul da Bahia)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estruturas calcárias formadas por corais hermatípicos (formadores de recifes);</li> <li>- Ocorrem em ambientes de águas rasas, claras e temperatura elevada durante todo o ano;</li> <li>- Ecossistemas ricos de estrutura complexa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento da produtividade local;</li> <li>- Alta diversidade de espécies;</li> <li>- Grande diversidade de microhabitats proporcionando refúgio para outras espécies.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Óleos leves representam um perigo maior por conterem maior quantidade de frações tóxicas solúveis uma vez que óleos pesados dificilmente entram em contato com os recifes do infralitoral;</li> <li>- Recobrimento, quando atingidos, e intoxicação;</li> <li>- Mortalidade de organismos.</li> </ul>
<b>Águas Abertas</b>	Toda a coluna d'água sobre os substratos marinhos, estendendo-se desde a linha de maré baixa até as águas oceânicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comunidade composta basicamente por fitoplâncton, zooplâncton, peixes, répteis, mamíferos e aves marinhas;</li> <li>- Zona costeira: maior produtividade comportando, conseqüentemente, a maior quantidade e diversidade de organismos marinhos;</li> <li>- Águas oceânicas (profundidade acima de 200 metros): pobres em nutrientes; comunidade biológica mais pobre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploração de recursos pesqueiros;</li> <li>- Turismo e Lazer;</li> <li>- Transporte;</li> <li>- Exploração de petróleo e gás natural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efeitos letais e sub-letais (ex. bioacumulação de hidrocarbonetos) sobre os organismos planctônicos;</li> <li>- Os efeitos aumentam em função da proximidade com as águas costeiras.</li> </ul>

Fonte: CETESB (2002); CETESB (2004); Lalli & Parsons (1997); Barnes & Hughes (1982); Nybakken (1996); Coutinho (2002); Villaça (2002); Knoppers *et al.* (2002).

A recuperação de um ecossistema impactado por óleo (Tabela 5.7) começa tão logo a toxicidade ou outras propriedades do óleo tenham declinado, atingindo níveis toleráveis para os organismos colonizadores (Baker et al., 1990 *apud* Kingston, 2002). No entanto, a condição a qual o ambiente retorna após o impacto é normalmente imprevisível (Kingston, 2002).

Kingston (2002) define como recuperação de um ecossistema o restabelecimento de uma comunidade biológica na qual os animais e vegetais característicos daquela comunidade estão presentes e funcionando normalmente.

A marca da contaminação por óleo pode persistir por muitos anos após um derrame. Em ecossistemas como marismas e manguezais, os efeitos podem permanecer por décadas. No entanto, na maioria dos casos a recuperação ambiental é relativamente rápida, estando completa num período de 2 a 10 anos. Isto porque a maior parte dos ambientes marinhos é contínua e a maioria dos animais produz um estágio larval pelágico, podendo as áreas atingidas ser restauradas através do recrutamento de populações circunvizinhas. Não havendo este estoque para recrutamento, algumas espécies podem ser extintas, justamente o que quase ocorreu em Galápagos quando do acidente com o navio Jessica onde as condições de vento e corrente durante o acidente livraram da extinção uma série de espécies que só ocorrem naquela região (cerca de 40% das espécies que ocorrem em Galápagos são endêmicas) (Kingston *et al.*, 2003).

Em locais onde o óleo foi eliminado do ambiente, os impactos a longo prazo são geralmente restritos a anomalias na estrutura da comunidade, que persiste devido à longevidade das espécies componentes (Kingston, 2002).

**Tabela 5.7-** Recuperação dos ecossistemas marinhos impactados por hidrocarbonetos de petróleo.

Ecossistema	Tempo médio de recuperação (em anos)				
	3	5	10	20	100
<b>Estuários</b>	Principalmente ostras e moluscos encontram-se em recuperação	Populações de ostras e moluscos ainda em recuperação	Recuperado	Recuperado	Recuperado
<b>Praias</b>	Estado final de repovoamento	Repovoada e provavelmente recuperada	Recuperado	Recuperado	Recuperado
<b>Costão rochoso</b>	Comunidades não recuperadas	Geralmente comunidades recuperadas	Recuperado	Recuperado	Recuperado
<b>Região entre marés</b>	Os bivalves não se recuperaram	Bivalves ainda reduzidos	Recuperado	Recuperado	Recuperado
<b>Alagados</b>	Recuperação de plantas anuais de vida curta e tamanho reduzido	Plantas de vida longa não restabelecidas; outros organismos recuperados	Estado final de recuperação	Recuperado, exceto para os grandes sistemas	Recuperação de alagados e mar aberto dependerá do tamanho da área afetada
<b>Mar aberto</b>	Área repovoada é muito pequena	Organismos de vida longa e tamanho reduzido em recuperação	Maior parte das espécies presentes	Recuperado, exceto para os grandes sistemas	Recuperação de alagados e mar aberto dependerá do tamanho da área afetada

Fonte: Cairns (1988 *apud* Crapez, 2001)

Os ecossistemas marinhos podem ser classificados em escalas de vulnerabilidade a derrames de óleo que consideram diversos fatores, tais como tempo de permanência do óleo no ambiente, suscetibilidade do ecossistema a derrames, sensibilidade das populações, capacidade, tempo de recuperação e a possibilidade de utilização de técnicas de limpeza (API, 1985). Diversas escalas foram propostas, sendo a de Gundlach & Hayes (1978) a mais utilizada atualmente (CETESB, 2002) (Tabela 5.8).

A escala consiste em uma classificação dos 10 (dez) maiores ecossistemas costeiros, com ênfase ao tempo de residência do óleo, em uma escala crescente de vulnerabilidade, ou seja, quanto maior o índice maior a vulnerabilidade (Gundlach & Hayes, 1978).

**Tabela 5.8-** Escala de vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros.

<b>Índice</b>	<b>Ambiente</b>
1	Costões rochosos expostos
2	Plataformas rochosas expostas
3	Praias de areia fina
4	Praias de areia grossa
5	Planícies de maré expostas
6	Praias de areia mista
7	Praias de cascalho
8	Costões rochosos abrigados
9	Planícies de maré abrigadas
10	Manguezais e marismas

Fonte: Gundlach & Hayes (1978)

Estas escalas são especialmente importantes como ferramentas de tomada de decisão em derrames de óleo, possibilitando priorizar, dentre os ambientes atingidos, os de maior sensibilidade. No entanto, estes índices devem ser utilizados de maneira geral requerendo estudos complementares específicos para os ambientes de uma determinada área (API, 1985; CETESB, 2002).

Uma vez que os índices são elaborados de forma geral, a CETESB (2004) propôs uma adequação da escala elaborada por Gundlach & Hayes (1978), inserindo ambientes costeiros comuns na costa brasileira, além de classificar a sensibilidade das parias arenosas em função da sensibilidade biológica ao óleo (Tabela 5.9).

**Tabela 5.9-** Escala de vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros – modificado (Gundlach & Hayes) – Índice CETESB.

<b>Índice</b>	<b>Ambiente</b>
1	Águas abertas
2	Costões expostos
3	Praias de cascalho
4	Praias de areia grossa
5	Praias de areia fina
6	Praias lodosas
7	Planícies de maré abrigadas
8	Águas estuarinas abrigadas
9	Costões abrigados
10	Recifes de coral
11	Marismas
12	Manguezais

Fonte: CETESB (2004)

### 5.2.2- Repercussão na sociedade

O impacto causado por um derrame de óleo extrapola os limites puramente biológicos e afeta social e economicamente as regiões afetadas.

Um derrame de óleo tem potencial para causar prejuízos diretos e indiretos ao homem, através de (Stegeman, 1977):

- Uma redução imediata de recursos alimentares ou materiais pela destruição ou redução comercial;

- Perda destes recursos, resultante da alteração da composição específica ou produtividade ao longo do tempo, ou
- Um dano toxicológico à saúde humana resultante do consumo de produto contaminado.

Ao ocorrer um derrame de óleo alguns setores da sociedade podem sofrer perdas econômicas com ou sem danos à propriedade. O pescador que tem seus instrumentos de trabalho contaminados sendo impedido de praticar seu ofício até que possa limpá-los representa um exemplo de um derrame de óleo com dano à propriedade. Por outro lado, a inviabilização de extração de recursos naturais ou uso de ambientes naturais caracteriza perdas econômicas sem dano à propriedade e, como exemplo, pode-se citar prejuízos aos setores da pesca e do turismo (Jacobsson, 1987; White & Molloy, 2001). Mas geralmente o uso humano de uma área impactada por óleo é retomado tão logo seja removido o óleo presente, não estando, em muitos casos, relacionado à recuperação biológica do ambiente afetado, sendo mais rápido que esta (Kingston, 2002).

A poluição por óleo chama a atenção da sociedade por seu aspecto destruidor. De acordo com Silva (1996), o impacto ambiental causado pelos derrames de óleo é percebido com mais intensidade pela população dentre os impactos causados pela indústria de petróleo, e a indenização dos prejuízos causados não altera a percepção dos danos ambientais causados pelos derrames.

De acordo com Poffo (2000), “vem ocorrendo uma sensibilização gradativa da sociedade para com a importância da conservação do ambiente marinho”, o que permite uma maior contribuição da sociedade nas questões ambientais.

A imprensa exerce papel essencial na formação de opinião pública. No entanto, deixa a desejar em muitos aspectos, pois normalmente as notícias veiculadas têm mais a intenção de chamar a atenção do público do que propriamente de informar. E com isso o foco acaba sendo a cobertura visual, enfatizando os efeitos visíveis de um derrame.

Anderson (2002) destaca que poucos jornalistas possuem conhecimentos científicos e que talvez um dos grandes problemas seja as distorções decorrentes da simplificação das informações. Há uma tendência em divulgar as opiniões científicas em chamadas sensacionalistas em detrimento de uma abordagem que permita o entendimento público do assunto. Barrow & Rothschild (2002) criticam o fato de que todos os pontos de vista veiculados são tidos como igualmente válidos, não havendo nenhum tipo de questionamento. Ressaltam ainda que, inevitavelmente, as informações iniciais são incompletas e algumas vezes incorretas, e que o foco dado à matéria desvia a atenção pública das medidas implementadas e dos resultados das pesquisas de longo prazo.

Cenas dramáticas de ambientes poluídos por óleo geralmente refletem em medidas reguladoras demandadas pelo público, pela mídia e pelo poder público, mesmo que os efeitos de um derrame de óleo sejam consideravelmente inferiores àqueles crônicos originários do desenvolvimento costeiro (White & Molloy, 2001).

No caso do acidente com o Exxon Valdez no Alaska, a reação pública demandou mudanças na política de modo a prevenir outros desastres ambientais. O resultado foi a promulgação do Oil Pollution Act de 1990 (Birkland & Lawrence, 2002), conforme apresentado no capítulo 3 deste trabalho.

De acordo com Barrow & Rothschild (2002), a legislação ambiental em diversas partes do mundo surge em resposta a um desastre ambiental, sendo caracterizada como “legislação emergencial”. E no Brasil não é diferente, podendo ser citada como exemplo a criação da Lei nº 9.966 do ano de 2000 (lei do óleo), após o acidente ocorrido na baía de Guanabara no mesmo ano, e em seguida a Resolução Conama nº 237 do ano de 2001 (diretrizes para elaboração dos Planos de Emergência Individuais – PEIs).

Robert & Crawford (2002) evidenciam a necessidade de uma atitude de cooperação entre o governo e a indústria para a prevenção de derrames de óleo, bem como para o planejamento de ações de combate aos acidentes.

### 5.2.3- Derrames dos navios da FRONAPE na costa brasileira

Desde a década de 70 tem se observado uma considerável redução da poluição por óleo advinda da atividade de navegação marítima. Entre 1985 e 1991, o tráfego marítimo de petróleo aumentou cerca de 33%, enquanto que as descargas de óleo no ambiente reduziram cerca de 60% (ITOPF, 2003). Atualmente, cerca de 60% do petróleo é transportado pelo mar e 99,98% chega ao seu destino final sem acidentes. Segundo dados da FRONAPE, referindo-se a seus próprios navios, o índice é ainda melhor: 99,999998% da carga é entregue sem prejuízos (Menezes Filho *et al.*, 1997).

Abaixo, são apresentados os principais acidentes com petroleiros nos mares do mundo (Tabela 5.10), na costa brasileira (Tabela 5.11) e os dados dos derrames de navios a serviço da FRONAPE no período de 1996 a 2002 (Tabela 5.12 e Figura 5.2).

**Tabela 5.10-** Quantidade de óleo derramado em acidentes ocorridos no mundo no período de 1970 à 2003.

Ano	Quantidade (m <sup>3</sup> )	Ano	Quantidade (m <sup>3</sup> )	Ano	Quantidade (m <sup>3</sup> )
1970	354.750	1982	12.900	1994	139.750
1971	148.350	1983	412.800	1995	12.900
1972	319.275	1984	30.100	1996	86.000
1973	176.300	1985	91.375	1997	77.400
1974	188.125	1986	20.425	1998	13.975
1975	383.775	1987	32.250	1999	33.325
1976	391.300	1988	204.250	2000	15.050
1977	312.825	1989	187.050	2001	8.600
1978	414.950	1990	65.575	2002	87.075
1979	687.999	1991	462.250	2003	45.150
1980	221.450	1992	184.900	--	--
1981	51.600	1993	149.425	--	--

Fonte: ITOPF (2004)

No período de 1990 a 1999, ocorreram 346 derrames maiores que 7,5 m<sup>3</sup>, totalizando 1.178.200 m<sup>3</sup>, sendo 892.950 m<sup>3</sup> (75%) provenientes de apenas 10 acidentes (cerca de 1%).



Muitas vezes, a estatística de um único ano pode ser distorcida por apenas um acidente, como ocorreu nos anos de 1979 (Atlantic Empress – 308.525 m<sup>3</sup>), 1983 (Castillo de Bellver – 270.900 m<sup>3</sup>) e 1991 (ABT Summer – 279.500 m<sup>3</sup>) (ITOPF, 2003).

**Tabela 5.11-** Principais acidentes com navios petroleiros na costa brasileira em ordem cronológica.

Navio	Ano	Local	Volume vazado (m <sup>3</sup> )
Sinclair Petrolore	1960	Desconhecido	66.530
Takamyia Maru	1974	São Sebastião, São Paulo	6.000
Tarik Ibn Ziyad	1975	Baía de Guanabara, Rio de Janeiro	6.000
Brazilian Marina	1978	São Sebastião, São Paulo	6.000
Marina	1985	São Sebastião, São Paulo	2.000
Penelope	1991	São Sebastião, São Paulo	280
Theomana	1991	Bacia de Campos	2.150
Smyrni	1998	Santos, São Paulo	40
Maruim	1998	São Sebastião, São Paulo	15
Veginia	2000	São Sebastião, São Paulo	86
Norma	2001	Baía de Paranaguá, Paraná	361

Fonte: CETESB (2002)

CETESB (2002) destaca que não há de maneira organizada um registro histórico dos acidentes com derrame de óleo ocorridos na costa brasileira.

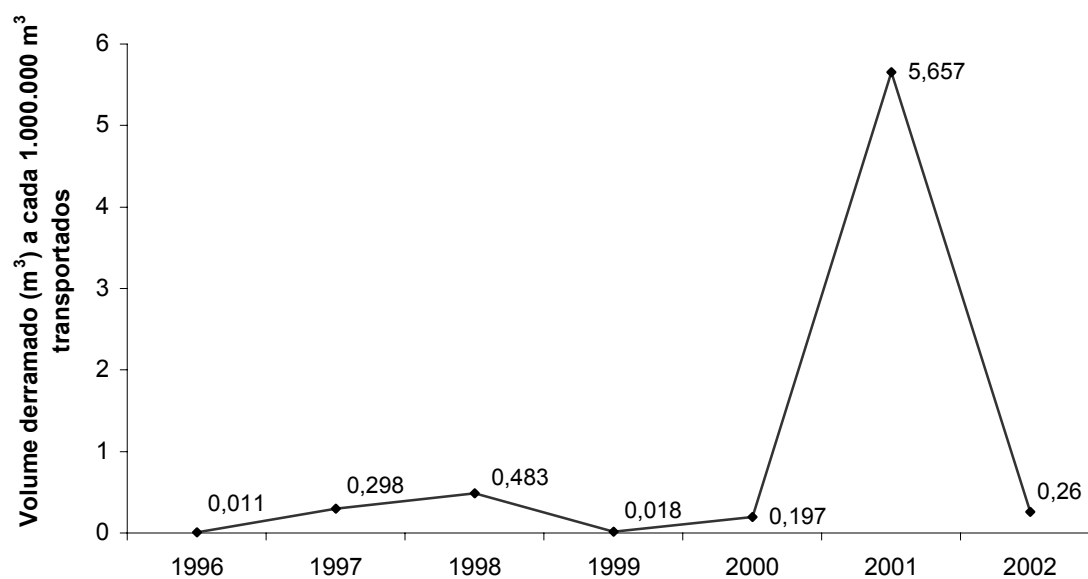
**Tabela 5.12-** Dados da FRONAPE relativos aos acidentes registrados com navios próprios e afretados no período entre 1996 e 2002.

Ano	Quantidade derramada por navios próprios (m <sup>3</sup> )	Quantidade derramada por navios afretados (m <sup>3</sup> )	Ocorrências	
			Nº de acidentes <sup>1</sup>	Nº de incidentes <sup>2</sup>
1996	0,6	0,7	14	13
1997	17,6	1,3	12	14
1998	25,9	0,5	15	13
1999	1,1	0,1	8	13
2000	11,7	86,5	14	3
2001	361,7	0	5	10
2002	16,1	0	8	4

<sup>1</sup> Com derrame de produto para o mar

<sup>2</sup> Sem derrame para o mar

Fonte: FRONAPE (1997); FRONAPE (1998); FRONAPE (1999); FRONAPE (2000); FRONAPE (2001); FRONAPE (2002); FRONAPE (2003).



**Figura 5.2-** Relação do volume de carga derramada (m³) em acidentes com os navios da FRONAPE em função da carga transportada pelos mesmos.

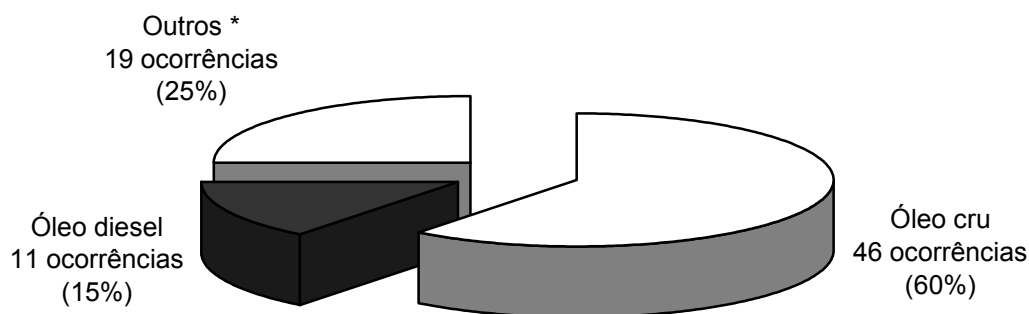
Comparado com diversos acidentes ocorridos no mundo (Tabela 5.10), o Brasil nunca enfrentou um grande acidente. Os pequenos volumes de óleo introduzidos acidentalmente no meio ambiente colocam a FRONAPE à frente no *ranking* das empresas que menos causam poluição por óleo no mundo (Menezes Filho *et al.*, 1997). No entanto, vale a ressalva de que a gravidade de um acidente não é consequência direta apenas do volume vazado. Exemplo disto, o acidente com o Exxon Valdez tem sido considerado um dos piores já ocorridos não pelo volume vazado, mas por ter atingido uma área de grande relevância ecológica e sócio-econômica.

Detalhando os derrames ocorridos na costa brasileira decorrentes de acidentes com navios da FRONAPE ou afretados, são apresentados, na Tabela 5.13 e nas Figuras 5.3 e 5.4, respectivamente, a distribuição dos volumes derramados por operação, o número de ocorrências, por produto, e o volume percentual derramado em função do produto.

**Tabela 5.13-** Volume (m<sup>3</sup>) derramado, por operação, com navios a serviço da FRONAPE (próprios ou afretados) na costa brasileira, entre 1996 e 2002.

OPERAÇÕES	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Total
Abastecimento	0,001	0,002	0	0	0,04	0	0,0015	0,04
Atracação	0	0	15	0	86	0	0	101
Carga	0,66	0,5	0,37	0,02	0,48	0,72	0,018	2,8
Descarga	0,68	18,25	10,36	0,51	11,64	0	16	57,4
Deslastro	0	0	0	0,12	0	0	0	0,12
Drenagem	0	0	0	0	0,03	0	0,03	0,06
Em viagem	0	0	0	0	0	361	0	361
Fundeio	0	0,018	0	0	0	0	0,01	0,028
Lastro	0	0	0,15	0	0	0	0	0,15
Limpeza de linha	0	0	0,5	0	0	0	0	0,5
Recebimento	0	0	0	0,005	0	0	0	0,005
Reparo	0	0,015	0	0	0	0	0	0,015
Transbordo	0	0	0	0,01	0	0	0	0,01
Transferência	0	0	0	0,55	0	0,01	0,0005	0,56
<b>Total</b>	<b>1,3</b>	<b>18,8</b>	<b>26,4</b>	<b>1,2</b>	<b>98,2</b>	<b>361,7</b>	<b>16,1</b>	<b>523,7</b>

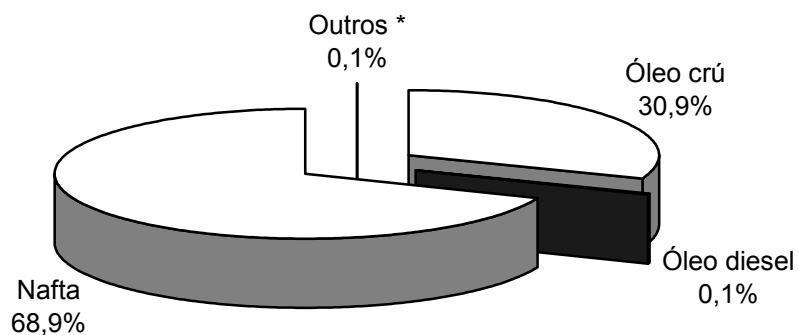
Fonte: FRONAPE (1997); FRONAPE (1998); FRONAPE (1999); FRONAPE (2000); FRONAPE (2001); FRONAPE (2002); FRONAPE (2003).



**Figura 5.3-** Ocorrência de derrames, por produto, no período de 1996 à 2002.

\* Querosene de aviação, óleo lubrificante, água oleosa, óleo combustível, resíduos oleosos, nafta.

Fonte: FRONAPE (1997); FRONAPE (1998); FRONAPE (1999); FRONAPE (2000); FRONAPE (2001); FRONAPE (2002); FRONAPE (2003).



**Figura 5.4-** Percentual de produto derramado no período de 1996 à 2002.

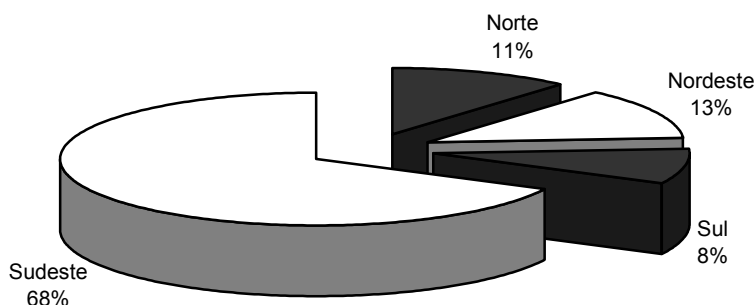
\* Querosene de aviação, óleo lubrificante, água oleosa, óleo combustível, resíduos oleosos.

Fonte: FRONAPE (1997); FRONAPE (1998); FRONAPE (1999); FRONAPE (2000); FRONAPE (2001); FRONAPE (2002); FRONAPE (2003).

A região sudeste do Brasil concentra a maior movimentação de petroleiros da costa brasileira (Silva *et al.*, 1997), basicamente devido a 2 fatores:

- Alta produção de petróleo na bacia de Campos, sendo a maior parte escoada por navios aliviadores (80%);
- Abriga os dois maiores terminais marítimos do Brasil, o terminal Almirante Barroso em São Sebastião (São Paulo), e o Terminal da Ilha Grande na baía de Ilha Grande (Rio de Janeiro).

Desta forma, comparando-a com as outras regiões do país, é a que apresenta os maiores índices de acidentes com derrames de óleo (Figura 5.4).



**Figura 5.5-** Percentual de derrames, por região, ocorridos na costa brasileira no período de 1996 à 2002.

Fonte: FRONAPE (1997); FRONAPE (1998); FRONAPE (1999); FRONAPE (2000); FRONAPE (2001); FRONAPE (2002); FRONAPE (2003).

O registro de 68% das ocorrências de acidentes na região sudeste representa 22 derrames em São Sebastião, 9 em Angra dos Reis, 7 no Rio de Janeiro, 6 em Santos e 4 na Bacia de Campos (FRONAPE, 1997; FRONAPE, 1998; FRONAPE, 1999; FRONAPE, 2000; FRONAPE, 2001; FRONAPE, 2002; FRONAPE, 2003).

Os volumes derramados que mais contribuíram para as estatísticas apresentadas na Tabela 5.12 correspondem a (FRONAPE, 1997; FRONAPE, 1998; FRONAPE, 1999; FRONAPE, 2000; FRONAPE, 2001; FRONAPE, 2002; FRONAPE, 2003):

- Fevereiro de 1997: 17,43 m<sup>3</sup> decorrentes do acidente com o navio Bagé em São Sebastião, São Paulo. A carga derramada foi óleo e o acidente ocorreu por falha material durante a operação de descarga;
- Agosto de 1998: 15 m<sup>3</sup> decorrentes do acidente com o navio Maruim em São Sebastião, São Paulo. A carga derramada foi óleo e o acidente ocorreu por falha material durante a operação de atracação;
- Novembro de 2000: 86 m<sup>3</sup> decorrentes do acidente com o navio Verginia II em São Sebastião, São Paulo. A carga derramada foi óleo e o acidente ocorreu durante a operação de atracação quando o navio colidiu com o píer;
- Outubro de 2001: 361 m<sup>3</sup> decorrentes do acidente com o navio Norma em Paranaguá, Paraná. A carga derramada foi nafta e o acidente ocorreu durante o percurso.
- Maio de 2002: 16 m<sup>3</sup> decorrentes do acidente com o navio Brotas em Angra dos Reis, Rio de Janeiro. A carga derramada foi óleo e o acidente ocorreu durante a operação de descarga.

A maioria dos derrames ocorridos durante as operações é de pequeno porte, com cerca de 85% envolvendo quantidades inferiores a 7 toneladas (ITOPF, 2003), corroborando os dados apresentados acima. O volume total de petróleo lançado no ambiente marinho provém em sua maior parte de descargas pequenas e crônicas (NRC, 2002 *apud* Walker *et al.*, 2003). No entanto, é preciso ter sempre em mente que não só os grandes acidentes, mas também os acidentes menores, podem trazer sérias consequências, especialmente quando o produto derramado atinge áreas sensíveis, incluindo áreas de cultivo de recursos vivos.

Apesar dos baixos índices registrados pela FRONAPE, os acidentes ocorrem com mais frequência durante as operações realizadas nos terminais marítimos localizados em áreas abrigadas (cerca de 90,8%, conforme dados apresentados na tabela 3.7), cuja proximidade com ecossistemas costeiros diversos aumenta a vulnerabilidade destes à poluição por petróleo e derivados, além de já estarem expostos à constante interferência da atividade, sofrendo com os efeitos crônicos decorrentes.

Os impactos ambientais, no entanto, não se limitam aos pontos de carga e descarga, estendendo-se à toda a área pela qual está associada uma rota de passagem de um petroleiro, uma vez que cada rota tem suas peculiaridades no que diz respeito às características ambientais, bem como à ocupação territorial ao longo de sua extensão. As áreas de navegação ao longo da costa sofrem perturbações resultantes de ações como dragagens, manutenção de navios e derrames acidentais de produtos químicos. Uma caracterização das rotas aliada aos riscos do transporte e os produtos circulantes, bem como às quantidades destes, poderiam permitir uma especulação a respeito dos possíveis impactos decorrentes de um acidente com vazamento para o mar.

Aos navios não se aplicam as avaliações de impacto ambiental, uma vez que carecem de um espaço físico limitado, tornando inviável a elaboração de um diagnóstico do provável ambiente que pode ser atingido bem como dos impactos causados a este (Oliveira, 1993).

Outras medidas são cabíveis, como a aplicação de medidas preventivas e corretivas, visando a minimização dos impactos decorrentes de um acidente. Mesmo empregando as medidas preventivas exigidas, os navios não ficam isentos das hipóteses acidentais, e quando essas deixam de ser hipótese e viram fato entram em ação as respostas de emergência, constituindo-se em principal medida para minimização do impacto causado. Além disto, quanto mais próximo da costa menor deve ser o tempo de resposta, para evitar que o produto derramado atinja ecossistemas sensíveis.

A identificação prévia da sensibilidade ambiental das áreas costeiras que podem ser atingidas por eventuais derrames de petróleo e derivados, através de mapas de

sensibilidade, constitui uma ferramenta de grande importância para os planos de contingência, sendo possível estabelecer as operações necessárias e as prioridades de atendimento às emergências. Os mapas de sensibilidade ambiental contemplam informações sobre a vulnerabilidade dos ecossistemas, os recursos biológicos e sócio-econômicos (CETESB, 2004).

Os Planos de Contingência estabelecem competências, responsabilidades, procedimentos de mobilização e emergência, e discriminam recursos humanos, produtos, equipamentos de controle e de apoio necessários para intervenção em situações de emergência (Oliveira, 1993).

Há uma grande probabilidade de que ações imediatas e eficientes sejam tomadas quando da ocorrência de um acidente, caso anteriormente tenham se reunido esforços para o desenvolvimento de planos de contingência compreensivos, realísticos e integrados, para níveis de risco diversos. Mas algumas vezes mostram-se falhos em pontos-chave, tais como: identificação de recursos ambientais e econômicos sensíveis; prioridades de proteção e limpeza; estratégias de resposta determinadas para diferentes áreas costeiras e oceânicas em diferentes épocas do ano e para diferentes produtos derramados; sítios de armazenamento temporários e opções de disposição final dos resíduos; e comando e controle (White & Molloy, 2001).

Nacional e internacionalmente vem se reduzindo o número de acidentes e o volume vazado nos mesmos, demonstrando um maior comprometimento das partes envolvidas (empresas, governos, sociedade civil, organizações) nas medidas de prevenção e remediação. Boa parte desta melhoria pode ser atribuída às convenções internacionais, à legislação nacional e ao pró-ativismo das empresas, sendo parte desta melhoria uma decorrência de pressões do próprio mercado.



## 6 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

O presente trabalho teve por finalidade apresentar o transporte marítimo de petróleo e derivados, iniciando, para tal, com uma abordagem dos modais envolvidos, restringindo-se posteriormente ao transporte marítimo e finalizando na esfera ambiental. Referindo-se à estrutura de transporte dessas substâncias, que engloba os modais ferroviário, dutoviário e aquaviário, algumas considerações podem ser feitas:

- ✓ No transporte ferroviário, desde 1997 não há registro do transporte de petróleo bruto por este modal. Das ferrovias nas quais transitam derivados de petróleo, a América Latina Logística do Brasil S.A. (ALL) é a que transportou a maior quantidade em 2002: 2,5 milhões TU. Em termos percentuais, destaca-se a ferrovia Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN) com o transporte de petróleo e derivados representando 23,2% do total de cargas transportadas em 2002;
- ✓ O modal dutoviário representou a segunda maior via de escoamento de petróleo e derivados no Brasil, com aumento de aproximadamente 19,2 pontos percentuais entre os anos de 1995 e 2000, enquanto que os modais aquaviário, ferroviário e dutoviário apresentaram queda de 0,8%, 12,4% e 6%, respectivamente. A participação deste modal pode se tornar mais representativa com os investimentos da PETROBRAS para ampliação da malha dutoviária contemplando a construção de mais de 1000km de linhas;
- ✓ Do total de carga transportada pelo modal aquaviário os granéis líquidos corresponderam a cerca de 32,3% da carga transportada nos anos de 1996 a 2002.
- ✓ Considerando a divisão em navegação de cabotagem, longo curso e outras navegações, observou-se que, em 2002, 78% dos granéis líquidos foram transportados via navegação de cabotagem, ao longo de toda a costa brasileira. Da mesma forma, 73,7% da movimentação de petróleo e derivados nos portos no ano

2000 originaram da navegação de cabotagem, 22% da navegação de longo curso e 4,3% de outras navegações.

✓ De um modo geral, o transporte rodoviário responde por mais da metade das cargas transportadas em território nacional, mas em se tratando do transporte de petróleo e derivados, o modal aquaviário é o de maior participação, transportando cerca de 45% destes produtos, seguido do modal dutoviário cuja participação gira em torno de 34%;

Uma considerável parte do percentual atribuído ao modal aquaviário deve-se ao escoamento da produção de petróleo da Bacia de Campos, que em 2002 foi de 438.292 mil barris (ANP, 2003) sendo cerca de 80% escoada pelos navios aliviadores (Brasil Energia, 2002).

Apesar da movimentação de petróleo e derivados nos portos ao longo da costa, a maior movimentação é registrada nos terminais que constituem o principal ponto de ligação dos navios com o continente, sendo os terminais aquaviários os que apresentam a maior capacidade de armazenamento e o maior número de tanques correspondendo a 65,9% e 71,3% do total, respectivamente.

Dentre os terminais aquaviários, os terminais marítimos possuem a maior capacidade de armazenamento (94,6%) e o maior número de tanques (73,7%). Os terminais Almirante Barroso (São Sebastião, SP) e Ilha Grande (Baía de Ilha Grande, RJ) apresentam as maiores capacidades de armazenamento de petróleo, 1.585.345 m<sup>3</sup> e 870.000 m<sup>3</sup>, respectivamente. O terminal Madre de Deus (Bahia) apresenta a maior capacidade de armazenamento de derivados, 604.079 m<sup>3</sup>.

Na costa brasileira, o transporte marítimo de hidrocarbonetos é em sua maior parte realizado pelos navios da FRONAPE, integrante do sistema Petrobrás, e por navios afretados por esta. Atualmente a frota é composta por 51 navios sendo 2 navios cisterna, 6

transportadores de gases e 41 navios envolvidos no transporte de petróleo e derivados não-gasosos.

Os petroleiros circulam ao longo da costa brasileira e os riscos de acidentes distribuem-se por toda a rota de passagem de um navio, dividida em trecho costeiro e trecho oceânico.

O risco de um derrame advém da resultante da combinação entre o evento, a probabilidade de ocorrência e as possíveis consequências. As consequências de acidentes com petroleiros podem ser magnificadas em decorrência do volume e tipo de carga transportada e vão depender de uma série de fatores, tais como, quantidade e tipo de produto vazado, características do ambiente atingido e sua sensibilidade, condições meteo-oceanográficas, tempo de permanência do petróleo no meio, métodos de limpeza empregados.

Comparando a atuação nacional com as estatísticas mundiais, fica claro que nunca houve, na costa brasileira, um acidente com petroleiro ocasionando um derrame de grande porte. Mas apesar da redução no tamanho e frequência dos derrames ocasionados por petroleiros, o potencial para grandes derrames é significativo (Walker *et al.*, 2003).

Os acidentes ocorridos no período de 1996 à 2002, podem ser considerados de pequeno porte tendo vazado para o ambiente apenas pequenas quantidades de óleo. Esta tendência tem sido observada ao redor do mundo com a predominância de pequenas descargas para o ambiente marinho (NRC, 2002 *apud* Walker *et al.*, 2003). No entanto, mesmo que de pequeno porte, um derrame pode causar danos irreversíveis, dependendo da sensibilidade do local atingido e esses danos aumentam em função da proximidade com a costa.

No Brasil, as regiões costeiras estão mais suscetíveis a derrames uma vez que são nas operações realizadas nos portos e terminais que têm sido registrados os maiores índices de acidentes com derrame de óleo na costa brasileira, cerca de 90,8% do total. A maior contribuição para este alto índice decorre das operações de carga e descarga que contribuem com 34% e 37%, respectivamente.

No período de 1996 à 2002, registraram-se 76 acidentes sendo 48 na região sudeste, mais especificamente, 22 em São Sebastião, 9 em Angra dos Reis, 8 no Rio de Janeiro, 6 em Santos e 4 na Bacia de Campos, o que representa 68% de todos os acidentes ocorridos na costa brasileira. Este fato não surpreende uma vez que a região sudeste concentra o maior tráfego de navios aliviadores (Bacia de Campos), os dois principais portos do Brasil (Rio de Janeiro e Santos) bem como os dois maiores terminais (São Sebastião e Ilha Grande), conforme anteriormente relatado.

Os terminais marítimos e portos, por questões de segurança, localizam-se em áreas abrigadas normalmente circundadas por ecossistemas como costões rochosos, praias, manguezais, marismas e recifes de coral. Os impactos vão variar em função das características do ecossistema atingido, sendo o manguezal e o marisma os de maior sensibilidade a derrames de óleo.

São evidentes os distúrbios causados no ambiente marinho quando atingido por um derramamento de óleo. Os impactos extrapolam os limites ecológicos e afetam social e economicamente as regiões atingidas.

Um derrame pode provocar efeitos como a morte de organismos, gosto de óleo nos recursos pesqueiros, sujeira nas praias, nas redes de pesca e nas embarcações, e interferências nos diversos níveis de organização de um sistema desde as funções celulares e fisiológicas até a estrutura ecológica das comunidades aquáticas.

Conforme dito anteriormente, um dos fatores que diretamente influi no grau de impacto é o produto derramado. Das ocorrências registradas na costa brasileira no período entre 1996 e 2002, o óleo cru constituiu o produto derramado em 60% destas, o que corresponde a 46 das 76 ocorrências. Em termos de volume derramado o óleo cru respondeu por 30,9% de todo o volume derramado. A maior contribuição foi de Nafta – 68,9% – sendo este percentual referente a dois únicos episódios. Desta forma, é possível observar que, até mesmo em função do volume transportado, os derrames de óleo cru são os mais frequentes e, portanto, os que apresentam maior probabilidade de causarem impactos ambientais ao

longo da costa brasileira. Com o crescente aumento da produção de petróleo pesado, principalmente nos campos de águas profundas da Bacia de Campos, é provável que aumente também o número de ocorrências em que o petróleo cru se constitui na substância derramada.

Considerando-se a caracterização apresentada no Capítulo 4, os impactos associados aos derrames de óleo cru ocorrem principalmente por recobrimento e asfixia. Além disso, sendo um produto persistente, pode permanecer no ambiente por um longo período de tempo.

Geralmente é associado ao transporte de petróleo e de derivados, uma poluição marinha crônica como resultado de uma ação rotineira de manutenção dos navios e constantes descargas nos portos e terminais, e uma poluição aguda resultante de eventuais derrames no meio ambiente em função de acidentes com petroleiros.

Com o intuito de minimizar os riscos de poluição originária de acidentes com petroleiros, a FRONAPE possui um cronograma de desativação dos seus navios em atendimento ao cronograma estabelecido pela IMO. Por este cronograma, em 2015 todos os navios transportadores de petróleo e derivados deverão possuir casco duplo. Da atual frota da FRONAPE, 18 navios já estão enquadrados neste requisito. Este processo de desativação dos navios de casco simples demonstra a preocupação ambiental que evoluiu ao decorrer do tempo após a ocorrência de grandes acidentes com petroleiros em todo o mundo. O resultado esperado é um decréscimo no nível de risco da atividade principalmente no que concerne o risco de grandes acidentes que geralmente advêm de colisões e encalhes quando, então, os tanques de carga são atingidos.

Dos riscos e impactos associados ao transporte marítimo de petróleo, os derrames são os que mais chamam a atenção da sociedade e do poder público, mas não são os únicos. Outras fontes poluidoras, como as emissões atmosféricas, geração de resíduos e o transporte de organismos exóticos através da água de lastro, merecem mais atenção e foram relatadas neste trabalho. De fato, estas emissões se aplicam à navegação de um modo geral não sendo determinadas pela carga transportada. No entanto, considerando-se a intensidade do transporte de petróleo e derivados não só na costa brasileira, mas nos mares do mundo,

estes impactos passam a ser significativos e devem ser considerados uma vez que são efetivos e não potenciais.

O presente trabalho deu uma ampla visão da importância e da grandeza do transporte marítimo de petróleo e derivados no Brasil, reunindo dados relativos ao período de 1996 à 2002, apresentando o número de acidentes, o volume e o produto derramados e o local de ocorrência. São necessários maiores estudos sobre o assunto considerando-se os pontos de passagem dos navios e identificando-se os principais recursos ambientais passíveis de distúrbios mediante poluição por óleo ao longo destes. Sugere-se que os novos estudos sejam desenvolvidos de forma mais específica especialmente sobre alguns pontos críticos.

Em virtude do crescimento da produção da Bacia de Campos, a PETROBRAS idealizou o Plano Diretor de Escoamento e Tratamento de Óleo (PDET) com o intuito de equilibrar o escoamento da produção pelos modais marítimo e dutoviário. Com a implantação dos dutos, 40% da produção da bacia passaria a ser escoada por este modal (Brasil Energia, 2002). Mediante ao impasse causado entre a empresa e o governo do Estado do Rio de Janeiro, esta alternativa foi inviabilizada e nos próximos três anos 90% da produção estará sendo transportada por navios aliviadores. Conseqüentemente, haverá um aumento do tráfego de navios aliviadores na Bacia de Campos e nos terminais onde ocorrerá o descarregamento da produção, principalmente nos terminais de São Sebastião e Ilha Grande.

Com isto, estas áreas, principalmente as imediações dos terminais, podem se tornar ainda mais suscetíveis aos riscos e impactos dos derrames de petróleo e derivados e merecem, portanto, uma abordagem mais detalhada.

Futuramente, as regiões Norte e Nordeste do país, por não possuírem refinarias suficientes para suprir a demanda, deverão ser o ponto de entrada das importações de derivados, o que implicará em uma maior movimentação de navios na necessidade de novas bases de tancagem, expondo esta região a um risco maior de acidentes com poluição de hidrocarbonetos.

Os dados fornecidos pela FRONAPE referentes aos vazamentos ocorridos no período de 1996 a 2002 foram primordiais para o desenvolvimento desta pesquisa. No entanto, o acesso a estes dados é restrito, o que nos leva a reconhecer certas limitações em nosso estudo, e a recomendar aprofundamentos futuros através de outras pesquisas.

## 7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ALCOFORADO, M.A.P. 2003. *Comunicação Pessoal*.

ANDERSON, A.G. 2002. "The media politics of oil spills". *Spill science & Technology Bulletin*, v. 7, n 1-2, pp 7-15.

ANP (Agência Nacional do Petróleo). 2003. *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo e do Gás Natural 2003*.

ANTAQ (Agência Nacional de Transporte Aquaviário). 2001. *Anuário Estatístico dos Transportes 2000*, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.

ANTAQ (Agência Nacional de Transporte Aquaviário). 2002. *Anuário Estatístico dos Transportes 2001*, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.

ANTAQ (Agência Nacional de Transporte Aquaviário). 2003. *Anuário Estatístico dos Transportes 2002*, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.

ANTT (Agência Nacional de Transporte Terrestres). 2003. *Relatório anual de acompanhamento das concessões ferroviárias de 2002*, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Resolução nº 217 de 21 de novembro de 01. "Aprova o Regulamento Técnico, Anexo a esta Resolução, com vistas à promoção da vigilância sanitária nos Portos de Controle Sanitário instalados no território nacional, embarcações que operem transportes de cargas e ou viajantes nesses locais, e com vistas a promoção da vigilância epidemiológica e do controle de vetores dessas áreas e dos meios de transporte que nelas circulam". Publicada no D.O.U. em 21 de dezembro de 2001.

API (American Petroleum Institute). 1985. *Oil spill cleanup options for minimizing adverse ecological impacts*. API Publication nº 4435, USA.



- API (American Petroleum Institute). 1995. *A Critical review of toxicity values and an evaluation of the persistence of petroleum products for use in natural resource damage assessments*. API Publication nº 4594, USA.
- API (American Petroleum Institute). 1999. *Fate of spilled oil in marine waters: Where does it go? What does it do? How do dispersants affect it?* API Publication Number 4691, USA.
- AQUATRANS III. 2002. 3º Seminário Nacional sobre Transporte Aquaviário. Site internet [www.dpc.mar.mil.br/informativomaritimo/Abr\\_Jun01/NotDPC/seminario\\_Nac.htm](http://www.dpc.mar.mil.br/informativomaritimo/Abr_Jun01/NotDPC/seminario_Nac.htm) (Acesso em Janeiro/2002)
- ARAÚJO, F.S.N. 2002. “Interface Porto-Navio e o Meio Ambiente”, *Informativo Marítimo*, v. 10, n 3, pp. 47-68.
- BARNES, R.S.K. & HUGHES, R.W. 1982. *An introduction to marine biology*. 5 ed. Oxford, Londres, Blackwel Scientific Publications.
- BARROW, C.W. & ROTHCHILD, B.J. 2002. “Beyond crisis science and emergency legislation: What do we really know about oil spills”. *Spill Science & Technology Bulletin*, v. 7, n 1-2, pp 3-6.
- BIRKLAND, T.A.; LAWRENCE, R.G. 2002. “The social and political meaning of the Exxon Valdez oil spill”. *Spill Science & Technology Bulletin*, v. 7, n 1-2, pp 17-22.
- BRANDÃO, M.V.L. 2003. Comunicação Pessoal.
- BRANDÃO, M.V.L. 2004. Comunicação Pessoal.
- BRASIL ENERGIA (Revista), nº 234, maio 2000a.
- BRASIL ENERGIA (Revista), nº 262, setembro 2002.
- BRASIL MARÍTIMO. 2002. Site internet <http://atlas.ucpel.tche.br/~paulrb/fronape.htm> (Acesso em Janeiro/2002).

- BURGESS, R.M.; COMELCO, R.; TAGLIABUE, M.D.; SHEEHAN, K.V.; KUHN, A.; PHELPS, D.K. 1993. "Water column toxicity from contaminated marine sediments: Effects on multiple endpoints of three marine species". In: Landis, W.G.; Hughes, J.S.; Lewis, M.A. (eds), *Environmental Toxicology and Risk Assessment*, pp. 303-319, Philadelphia, USA, ASTM STP 1179.
- CAPUZZO, J.M. 1985. "Biological effects of petroleum hydrocarbons on marine organisms: integration of experimental results and predictions of impacts". *Marine Environ. Res.*, 17, pp 272-276.
- CARLTON, J.T. & GELLER, J.B. 1993. "Ecological Roulette: The global transport of nonindigenous marine organisms". *Science*, v. 261, pp 78-82.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). 1990. *Implementação de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos*. Série Manuais, São Paulo, SP.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). 2002. *Curso Derrames de óleo no mar e os ecossistemas costeiros*, São Paulo, SP.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). 2004. Site internet [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br) (Acesso em Abril/2004).
- CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução nº 05, de 05 de agosto de 1993. "Estabelece definições, classificação e procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários" Publicada no D.O.U. em 31 de agosto de 1993.
- CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. "Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional". Publicada no D.O.U. em 30 de julho de 1986.
- CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução nº 237, de 22 de dezembro de 1997. "Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente". Publicada no D.O.U. em 22 de dezembro de 1997.

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL de 1988. Promulgada em 05 de outubro de 1988.

CORREDOR, J.E.; MORELL J.M.; CASTILLO, C.E. 1990. "Persistence of spilled crude oil in a tropical intertidal environment". *Marine Pollution Bulletin*, v. 21, n 8, pp 385-388.

COUTINHO, R. 2002. "Bentos de Costões Rochosos". In: Pereira, R.C. & Soares-Gomes, A. (organizadores), *Biologia Marinha*, 1 ed, capítulo 8, Rio de Janeiro, RJ, Interciência.

CRAPEZ, M.A.C. 2001. "Efeitos dos hidrocarbonetos de petróleo na biota marinha". In: Moraes, R.; Crapez, M.; Pfeiffer, W.; Farina, M.; Bainy, A.; Teixeira, V. (eds), *Efeitos de poluentes em organismos marinhos*, pp 255-269, Rio de Janeiro, RJ, Arte e Ciência Villipress.

DAVIES, J.M.; McINTOSH, A.D.; STAGG, R.; TOPPING, G.; REES, J. 1995. "O destino do óleo do *Braer* nos meios ambientais marinho e terrestre". In: FEMAR, 2000 (ed), *O impacto de um derramamento de óleo em águas turbulentas: O Braer*, 1 ed, capítulo 3, Rio de Janeiro, RJ, FEMAR.

DECRETO nº 2.508, de 4 de março de 1998. Promulga a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios, concluída em Londres, em 2 de novembro de 1973, seu Protocolo, concluído em Londres, em 17 de fevereiro de 1978, suas Emendas de 1984 e seus Anexos Opcionais III, IV e V. Publicado no D.O.U em 05 de março de 1998.

Departamento de Portos. 2000. *Anuário Estatístico Portuário 2000*, Secretaria de Transportes Aquaviários, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.

DICKS, B. 1998. "The environmental impact of marine oil spills – Effects, recovery and compensation". *International Seminar on Tanker Safety, Pollution Prevention, Spill Responase and Compensation*, Rio de Janeiro, RJ, Novembro 1998.

- EPS (Environmental Protection Series). 1999. *Guidance document on application and interpretation of single-species tests in environmental toxicology*. EPS 1/ RM/ 34, Ottawa, Canada.
- FIGUEIREDO, L.H.M. 1993. “Curso Poluição Marinha por petróleo: fontes, efeitos e controle”. *VI Semana Nacional de Oceanografia*. Departamento de Oceanografia – IGEO – UERJ, Rio de Janeiro, RJ, 4-8 Outubro 1993.
- FRONAPE. 1997. *Relatório de Vazamentos 1996*. Inspetoria Geral, Rio de Janeiro, RJ.
- FRONAPE. 1998. *Relatório de Vazamentos 1997*. Inspetoria Geral, Rio de Janeiro, RJ.
- FRONAPE. 1999. *Relatório de Vazamentos 1998*. Inspetoria Geral, Rio de Janeiro, RJ.
- FRONAPE. 2000. *Relatório de Vazamentos 1999*. Inspetoria Geral, Rio de Janeiro, RJ.
- FRONAPE. 2001. *Relatório de Vazamentos 2000*. Inspetoria Geral, Rio de Janeiro, RJ.
- FRONAPE. 2002a. *Plano de emergência para derrames de hidrocarbonetos*. PETROBRAS-FRONAPE, Inspetoria Geral, Rio de Janeiro, RJ.
- FRONAPE. 2002b. *Relatório de Vazamentos 2001*. Inspetoria Geral, Rio de Janeiro, RJ.
- FRONAPE. 2003. *Relatório de Vazamentos 2002*. Inspetoria Geral, Rio de Janeiro, RJ.
- GEIPOT (Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes). 2001. *Anuário Estatístico dos Transportes 2001*, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.
- GUNDLACH, E.R. & HAYES, M.O. 1978. “Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts”. *Mar. Techn. Soc. Journal*, 12(4), pp 18-27.
- HEUBECK, M. 1995. “O efeito direto do derramamento de óleo do *Braer* nas populações de pássaros marinhos e uma avaliação do papel do centro de respostas de vida silvestre”. In: FEMAR, 2000 (ed), *O impacto de um derramamento de óleo em águas turbulentas: O Braer*, 1 ed, capítulo 7, Rio de Janeiro, RJ, FEMAR.

- HOWARTH, R.W. 1988. "Determining the ecological effects of oil pollution in marine ecosystems". In: Levin, S.A.; Harwell, M.A.; Kelly, J.R.; Kimball, K.D. (eds) *Ecotoxicology: Problems and approaches*, pp. 69-87.
- IMO. 1997. *Guidelines for the control and management of ships' ballast water to minimize the transfer of harmful aquatic organisms and pathogens*. Resolution A.868(20).
- IMO (International Maritime Organization). 2003. Site internet [www.imo.org](http://www.imo.org) (Acesso em Outubro/2003).
- IMO (International Maritime Organization). 2004. Site internet [www.imo.org](http://www.imo.org) (Acesso em Janeiro/2004).
- INGERSOLL, C.G. 1995. "Sediment tests". In: Rand, G.M. (ed), *Fundamentals of aquatic toxicology – Effects, Environmental Fate, and Risk Assessment*, 2 ed., pp. 231-255, Washington, USA, Taylor & Francis.
- INTERTANKO (The International Association of Independent Tanker Owners). 2003. site internet [www.intertanko.com](http://www.intertanko.com) (Acesso em Dezembro/2003).
- INTERTANKO (The International Association of Independent Tanker Owners). 2004. site internet [www.intertanko.com/search/artikkel.asp?id=3701](http://www.intertanko.com/search/artikkel.asp?id=3701) (Acesso em Maio/2004)
- ITOPF (The International Tanker Owners Pollution Federation Limited). 2003. Site internet [www.itopf.com](http://www.itopf.com) (Acesso em Novembro/2003).
- ITOPF (The International Tanker Owners Pollution Federation Limited). 2004. Site internet [www.itopf.com](http://www.itopf.com) (Acesso em Abril/2004).
- JACOBSSON, M. 1987. "The notion of "pollution damage", with particular regard to damage to the marine environment". *1987 Oil Spill Conference (Prevention, Behavior, Control, Cleanup)*, pp 555-557, Baltimore, USA, 6-7 Abril.
- JOHANSSON, S.; LARSSON, U.; BOEHM, P. 1980. "The Tsesis oil spill – Impact on the pelagic ecosystem". *Marine Pollution Bulletin*, v. 11, pp 284-293.

JORNAL DA TRANSPETRO. 2002. Edição de Dezembro de 2002.

JURAS, I.A.G.M. 2002. *Medidas de prevenção de acidentes com navios petroleiros*. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Câmara dos Deputados, Brasília.

KHANNA, R.C. & BARUA, T.K. 2001. "Effects of marine oil spills". *4<sup>th</sup> Indian Oil Corp. Ltd. Int. Petrol. Conf. (Petrotech 2001)*, Nova Deli, Índia, 9-12 Janeiro.

KINGSTON, P.F. 2002. "Long-term environmental impact of oil spills". *Spill Science & Technology Bulletin*, v. 7, n 1-2, pp.53-61.

KINGSTON, P.F.; RUNCIMAN, D.; McDOUGALL, J. 2003. "Oil contamination of sedimentary shores of the Galápagos Island following the wreck of Jessica". *Marine Pollution Bulletin*, v. 47, pp 303-312.

KNOPPERS, B.; EKAU, W.; FIGUEIREDO JÚNIOR, A.G.; SOARES-GOMES, A. 2002. Zona Costeira e Plataforma Continental do Brasil. In: Pereira, R.C. & Soares-Gomes, A. (organizadores), *Biologia Marinha*, 1 ed, capítulo 16, Rio de Janeiro, RJ, Interciência.

LALLI, C.M. & PARSONS, T. 1997. *Biological Oceanography: An introduction*. 2 ed. Columbia, Canadá, Butterworth Heinemann.

LEI nº 650, de 13 de março de 1949. "Autoriza a abertura de crédito especial para aquisição de locomotivas, refinarias e navios petroleiros, com utilização de recursos já existentes ex-vi da lei 16, de 7 de fevereiro de 1947". Publicada no D.O.U. em 17 de março de 1949.

LEI nº 2.004, de 03 de outubro de 1953. "Dispõe sobre a política nacional do petróleo e define as atribuições do Conselho Nacional do Petróleo, institui a sociedade por ações Petróleo Brasileiro Sociedade Anônima, e dá outras providências". Publicada no D.O.U. em 03 de outubro de 1953. REVOGADA.

- LEI nº 9.478, de 06 de agosto de 1997. “Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências”. Publicada no D.O.U em 07 de agosto de 1997.
- LEI nº 9.537, de 11 de dezembro de 1997. “Dispõe sobre a segurança do tráfego aquaviário em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências”. Publicada no D.O.U. em 12 de dezembro de 1997.
- LEI nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. “Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências”. Publicada no D.O.U. em 13 de fevereiro de 1998.
- LEI nº 9.966, de 28 de abril de 2000. “Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências”. Publicada no D.O.U. em 29 de abril de 2000.
- LITTLE, D.I. & SCALES, D.L. 1987. “The persistence of oil stranded on sediment shorelines”. *1987 Oil Spill Conference (Prevention, Behavior, Control, Cleanup)*, pp 433-438, Baltimore, USA, 6-7 Abril, 1987.
- MARPOL 73/78 - International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL 73/78)
- MARQUES JÚNIOR, A.N.; MORAES, R.B.C.; MAURAT, M.C.S. 2002. “Poluição Marinha”. In: Pereira, R.C. & Soares-Gomes, A. (organizadores), *Biologia Marinha*, 1 ed, capítulo 14, Rio de Janeiro, RJ, Interciência.
- MARROIG, N.L. 1997. “Medidas adotadas pela FRONAPE visando à prevenção da poluição”. *1º Seminário sobre Meio Ambiente Marinho*. Rio de Janeiro, RJ.
- MASSERON, J. 1990. *Petroleum Economics*. 4 ed. Ed. Technip.

- MENEZES FILHO, J.; SILVA, M.S.; BRANDÃO, M.V.L. 1997. “Enfoque da FRONAPE ao meio ambiente”. *1º Seminário sobre Meio Ambiente Marinho*. Rio de Janeiro, RJ.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2003. Site internet [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br) (Acesso em Outubro/2004)
- MME (Ministério de Minas e Energia). 2003. *Balanço Energético Nacional 2003 (Ano-Base 2002)*, Brasília, DF.
- MONAGHAN, P.; WALTON, P.; AUSTIN, G.; BURNS, M.D.; TURNER, C.M.; WRIGHT, P.J. 1995. “Os efeitos subletais do derramamento de óleo do *Braer* nos pássaros marinhos”. In: FEMAR, 2000 (ed), *O impacto de um derramamento de óleo em águas turbulentas: O Braer*, 1 ed, capítulo 8, Rio de Janeiro, RJ, FEMAR.
- NEIVA, J. 1986. *Conheça o petróleo*. 1 ed. Rio de Janeiro, Editora Ao Livro Técnico.
- NIPPER, M. 2000. Current approaches and future directions for contaminant-related impact assessments in coastal environments: Brazilian perspective. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, nº 3, pp 433-447.
- NYBAKKEN, J.W. 1996. *Marine Biology: An ecological approach*. 4 ed. Addison Wesley Education Publishers Inc.
- OLIVEIRA, J.P. 1993. *Análise do gerenciamento de riscos ambientais do transporte marítimo de petróleo e derivados no Estado do Rio de Janeiro*. Tese M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- PETROBRAS – Apostila “Curso de Prevenção, Contenção e Combate – A poluição por óleo em corpos d’água”.
- PIMENTA, J.M.H.A. & LAND, C.G. 1997. “Um novo sistema para troca segura da água de lastro dos navios em alto mar”. *1º Seminário sobre Meio Ambiente Marinho*. Rio de Janeiro, RJ.



- POFFO, I.R.F. 2000. *Vazamentos de óleo no litoral norte do estado de São Paulo: Análise histórica (1974 a 1999)*. Dissertação M.Sc. PROCAM/ USP. São Paulo, SP.
- PORTOS e NAVIOS (Revista), nº 488, setembro 2001.
- PROJETO DE LEI nº 4.296, de 14 de março de 2001. “Altera a Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000, que dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências”.
- RAAYMAKERS, S. 2002. “1<sup>st</sup> International ballast water treatment standards workshop”, Workshop report. GloBallast Monography Series nº 4, IMO, London. 28-30 March.
- RAND, G.M. 1995. *Fundamentals of aquatic Toxicology: Effects, environmental fate and risk assessment*. 2 ed. Florida, EUA, Taylor & Francis.
- RIBEIRO, S.K.; COSTA, C.V.; DAVID, E.G.; REAL, M.V.; D’AGOSTO, M.A. 2000. *Transporte e mudanças climáticas*. 1 ed. Rio de Janeiro, Mauad Ed. Ltda.
- ROBERT, J.& CRAWFORD, D. 2002. “Exploring the relationship between industry and government in relation to marine oil spill prevention, preparedness and response capabilities”. In: *New Zealand Petroleum Conference Proceedings*. pp 1-7, Auckland, Nova Zelândia.
- SILVA, G.H. 1996. *Percepção ambiental da indústria de petróleo no litoral brasileiro*. Tese de D.Sc., Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.
- SILVA, E.M. da; PESO-AGUIAR, M.C.; NAVARRO, M.F.T.; CHASTINET, C.B.A. 1997. Impact of petroleum pollution on Aquatic coastal ecosystems in Brazil. *Environ. Toxicol. Chem*, v. 16, pp.112-118.
- SILVA, J.S.V.; FERNANDES, F.C.; LARSEN, K.T.S.; SOUZA, R.C.C.L. 2002. “Água de Lastro”, *Ciência Hoje*, v. 32, n 188, pp 38-43.

- SOARES, C.G.; TEIXEIRA, A.P. 2001. "Risk assessment in maritime transportation", *Reliability Engineering and System Safety*, n 74, pp 299-309.
- STEGEMAN, J.J. 1977. "Fate and Effects of oil in marine animals". *Oceanus*, v. 20, n 4, pp 59-66.
- STOCKER, H.S.S. & SEAGER, S.L.S. 1981. *Química ambiental – Contaminación del aire y del agua*. 1 ed. Barcelona, Editorial Blume.
- STT (Secretaria de Transportes Terrestres). 2001. *Anuário Estatístico das Ferrovias do Brasil 2001*, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.
- TAY, K.L.; DOE, K.G.; MacDONALD, A.J.; LEE, K. 1997. "The influence of particle size, ammonia, and sulfide on toxicity of dredge materials for ocean disposal". In: Wells, P.G.; Lee, K.; Blaise, C. (eds), *Microscale testing in aquatic toxicology – Advances, Techniques, and Practice*, pp 559-574, Boca Raton, USA, CRC Press LLC.
- TRADE and TRANSPORT (Revista), nº 48, maio 2001.
- TRANSPETRO. 2003. Site internet [www.transpetro.com.br](http://www.transpetro.com.br) (Acesso em Outubro/2003).
- TRANSPETRO. 2004. Site internet [www.transpetro.com.br](http://www.transpetro.com.br) (Acesso em Fevereiro/2004).
- ULLRING, S. 1997. *Green ships on a blue ocean*. Paper series DNVR-97-P002, Det Norske Veritas, Seoul, Korea.
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). 2003. *Review of Maritime Transport*, 2003. UNCTAD/RMT/2003, Organização das Nações Unidas, Gênova.
- VILLAÇA, R. 2002. "Recifes Biológicos". In: Pereira, R.C. & Soares-Gomes, A. (organizadores), *Biologia Marinha*, 1 ed, capítulo 11, Rio de Janeiro, RJ, Interciência.

- WALKER, D.; MICHEL, K.; COLEMAN, J.C.; MICHEL, J. 2003. "Oil in the sea: changes in the nature of sources and inputs since 1985". *2003 International Oil Spill Conference*, British Columbia, Canadá, Abril 2003.
- WHITE, I. 2000. "Oil spill response – Experience, Trends and Challenges". *8<sup>th</sup> International Oil Spill Conference (SPILLCON 2000)*, Darwin, Australia, 15-17 August.
- WHITE, I. & MOLLOY, F. 2001. "Ships and the marine environment". *Maritime Cyprus Conference*.

## **GLOSSÁRIO**

**ABUNDÂNCIA** – Qualquer medida da densidade ou número de indivíduos de um táxon (nível de organização dentro de um sistema taxonômico) ou outra categoria classificatória.

**ANFÍPODA** – Organismo pertencente ao subfilo Crustacea.

**ANÓXICO** – Ambiente permanente ou temporariamente sem oxigênio.

**BENTOS** – Conjunto de organismos associados com o fundo de um corpo d'água.

**BENTÔNICO** – Pertencente ou vivendo no bentos.

**BIOMASSA** – Somatório da massa orgânica viva existente num determinado espaço, num dado instante.

**BIOTA** – Conjunto de plantas, animais e microorganismos de uma determinada região, província ou área biogeográfica.

**CADEIA TRÓFICA** – Relação trófica que ocorre entre os seres vivos que compõem um ecossistema, mediante a qual a energia de um organismo se transfere ao outro. A cadeia alimentar começa por organismos produtores que obtêm a energia necessária do sol, e/ou de substâncias minerais simples. Em seguida, envolve consumidores de várias ordens.

**CNIDÁRIO** – Filo de invertebrados ao qual pertencem, entre outros, as medusas, as anênomas e os corais.

**CRUSTÁCEO** – Subfilo pertencente ao Filo Artropoda ao qual pertencem camarão, lagosta, entre outros.

**DINOFLAGELADO** – Organismo unicelular aquático dotado de flagelo. Pertencente ao Reino Protista.

**DIVERSIDADE** – Medida que considera tanto a riqueza (número de espécies presentes) em espécies como o grau de igualdade em sua representação quantitativa.

EFÊMERO – De vida curta ou transitória.

ENTREMARÉS – Faixa entre a preamar (altura máxima que a maré atinge) e a baixa-mar (altura mínima atingida pela maré) normais.

ESPÉCIE EXÓTICA – Aquela presente em uma determinada área geográfica da qual não é originária, introduzida geralmente pelo homem.

ESPÉCIE NATIVA – Aquela que suposta ou comprovadamente é originária da área geográfica em que atualmente ocorre.

FITOPLÂNCTON – Comunidade microscópica, que flutua livremente nas diversas camadas de água, estando sua distribuição vertical restrita à zona de luz, onde graças à presença de energia luminosa, realiza o processo fotossintético. V. *plâncton*.

HABITAT – Ambiente que oferece um conjunto de condições favoráveis para o desenvolvimento, sobrevivência e reprodução de determinados organismos.

HALÓFITA – Planta adaptada a ambientes com alto teor salino.

INFRALITORAL – Zona que tem como limite superior o nível alcançado pela baixa-mar normal. Corresponde à plataforma continental.

ISÓPODA – Organismo pertencente ao subfilo Crustacea.

MACROBENTOS – Organismo componente dos bentos com tamanho acima de 5 mm.

MEIOFAUNA – Animais que vivem no sistema intersticial de bentos arenoso incluídos na categoria de tamanho entre 0,5 e 0,1 mm.

MOLUSCO – Filo de invertebrados ao qual pertence, entre outros, polvo, mexilhão, ostra, lula.

ORGANISMO PELÁGICO – aquele que vive na coluna d'água.

OSTRACODA – Classe do subfilo Crustacea.

PLÂNCTON – Comunidade de organismos microscópicos (em raros casos até 10-12 cm, excepcionalmente até 1,5 m), tanto autótrofos como heterótrofos, que vivem em suspensão, flutuando livremente ou com movimentos fracos, sendo arrastados passivamente pelas correntezas.

POLIQUETO – Classe pertencente à Filo Anelidae, cuja característica principal é a presença de projeções musculares laterais cobertas por inúmeras cerdas.

ZOOPLÂNCTON – Comunidade animal do plâncton. V. *plâncton*.

## **ANEXOS**

## ANEXO I- Principais características das ferrovias onde há transporte de petróleo

---

<b>FCA – Ferrovia Centro-Atlântica S.A.</b>	
Extensão da malha	7.080 km
Área de atuação	MG, GO, BA, SE, ES, RJ e DF
Intermodalidade Portos x Ferrovia	Portos do Rio de Janeiro (RJ), Vitória (ES), Angra dos Reis (RJ) Terminal hidroviário de Coqueiros (Aracajú-SE)

<b>EFC – Estrada de Ferro Carajás</b>	
Extensão da malha	892 km
Área de atuação	PA e MA
Intermodalidade Portos x Ferrovia	Porto de Itaqui (MA)

<b>CFN – Companhia Ferroviária do Nordeste</b>	
Extensão da malha	4.534 km
Área de atuação	MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL
Intermodalidade Portos x Ferrovia	Portos de Itaqui (MA), Mucuri (CE), Natal (RN) e Recife (PE)

<b>NOVOESTE – Ferrovia Novoeste S.A.</b>	
Extensão da malha	1.621 km
Área de atuação	SP e MS
Intermodalidade Portos x Ferrovia	Porto Esperança (Rio Paraguai-MS) Terminal hidroviário de Ladário (Rio Paraguai-MS)



<b>FERROBAN – Ferrovias Bandeirantes S.A.</b>	
Extensão da malha	4.236 km
Área de atuação	SP e MG
Intermodalidade Portos x Ferrovia	Porto de Santos; Portos fluviais de Pederneiras (Rio Tietê-SP), Panorama e Presidente Epitácio (Rio Paraná-SP)

<b>EFVM – Estrada de Ferro Vitória a Minas</b>	
Extensão da malha	898 km
Área de atuação	ES e MG
Intermodalidade Portos x Ferrovia	Porto de Tubarão (ES)

<b>ALL – América Latina Logística do Brasil S.A. (antiga ferrovia Sul-Atlântico)</b>	
Extensão da malha	6.586 km
Área de atuação	PR, SC e RS
Intermodalidade Portos x Ferrovia	Portos do Paranaguá (PR), São Francisco do Sul (SC), Porto Alegre (RS) e Rio Grande (RS)

## ANEXO II- Estudos de poluição por óleo desenvolvidos na costa brasileira

---

(continua)

Assunto	Referência
Óleo no ambiente e nos organismos	Weber, R.R. 1981. <i>Hidrocarbonetos no ambiente marinho – Aspectos analíticos e ambientais</i> . Tese D.Sc. Universidade de São Paulo, São Paulo.
	Silva, C.C.A., Tommasi, L.R., Griesinger, B. 1982. Observações sobre os danos resultantes do acidente do NP Brazilian Marina em São Sebastião, SP. <i>Cienc. Cult.</i> , 34, pp 666-669.
	Furtado, V., Bicego, M., Weber, R. 1987. “Modelo de dispersão de óleo na região do Canal de São Sebastião”. In: <i>Simpósio sobre ecossistemas da região sul e sudeste brasileira</i> . Síntese de conhecimentos. Academia de Ciências do Estado de São Paulo v.2, pp 371-388.
	Bicego, M.C. 1988. <i>Contribuição ao estudo de hidrocarbonetos, biogênicos e do petróleo no ambiente marinho</i> . Dissertação M.Sc. Universidade de São Paulo, São Paulo.
	Tavares, T.M, et al. 1988. Application of the mussel watch concept in studies of hydrocarbons, PCBs and DDT in the brazilian bay of Todos os Santos (Bahia). <i>Mar. Pollut. Bull.</i> , 19, pp 575-578.
	Schaefer-Noveli, Y. 1990. “Vulnerabilidade do litoral norte do Estado de São Paulo a vazamentos de petróleo e derivados”. <i>II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste brasileira</i> . Academia de Ciências do Estado de São Paulo, pp 375-399.

(continuação)

Assunto	Referência
Óleo no ambiente e nos organismos	CEPUERJ. 1991. <i>Estudos dos efeitos da retenção de hidrocarbonetos em ambientes costeiros na baía da Ilha Grande</i> . Relatório Final. Centro de Produção da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, vol 1.
	Weber, R.R. & Bicego, M.C. 1991. Survey of petroleum aromatic hydrocarbons in the São Sebastião Channel, SP, Brazil, November 1985 to August 1986. <i>Bolm. Institute of Oceanography</i> , 39, pp 117-121.
	Universidade Federal da Bahia. 1992. <i>Avaliação do impacto do derramamento de óleo na baía de Todos os Santos</i> . Relatório Final. Salvador, BA.
	Aidar, E., Sigaud-Kutner, T.C.S., Bicego, M.C., Braga, E.S. 1994. "Effects of the aqueous effluents from an oil maritime terminal on the diatom <i>Skeletonema costatum</i> : Preliminary results". <i>I Simpósio Latino Americano de Saúde de Ecossistemas Aquáticos e Significados Ecológicos de Bioensaios</i> , São Carlos, SP.
	Poffo, I.R.F., Midaglia, C.L., Cantão, R.F., Caetano, N., Nakasaki, A., Pompéia, S.L., Eysink, G.G.J. 1996. <i>Dinâmica dos vazamentos de óleo no Canal de São Sebastião, SP (1974-1994)</i> . Relatório CETESB.
	Zanardi, E. 1996. <i>Hidrocarbonetos no Canal de São Sebastião e na plataforma interna adjacente – influência do derrame de maio de 1994</i> . Dissertação M.Sc. Universidade de São Paulo, São Paulo.

(continuação)

Assunto	Referência
Óleo no ambiente e nos organismos	Zanardi, E., Bicego, M.C., Weber, R.R. 1999. Dissolved/dispersed petroleum aromatic hydrocarbons in the São Sebastião Channel, São Paulo, Brazil. <i>Mar. Pollut.</i> , 38, pp 410-413.
	Crapez, M.A.C., Tosta, Z.T., Bispo, M.G.S, Pereira, D.C. 2000. Acute and chronic impacts caused by aromatics hydrocarbons on bacterial communities at Boa Viagem and Forte do Rio Branco beaches, Guanabara Bay, Brazil. <i>Environmental Pollution</i> , 108, pp 291-295.
	Nascimento, I.A., Smith, D.H., Pereira, S.A., Araújo, M.M.S., Mariani, A.M. 2000. Integration of varying responses of different organisms to water and sediment quality at sites impacted and not impacted by the petroleum industry. <i>Aquat. Ecosyst. Health Mgmt</i> 3/4.
	Peso-Aguiar, M.C., Smith, D.H., Assis, R.C.F., Santa-Isabel, L.M., Peixinho, S., Gouveia, E.P., Almeida, T.C.A., Andrade, W.S., Carqueija, C.R.G., Kelmo, F., Carrozzo, G., Rodrigues, C.V., Carvalho, G.C., Jesus, A.C.S. 2000. Effects of petroleum and its derivatives in benthonic communities at Baía de Todos os Santos, Bahia, Brazil. <i>Aquat. Ecosyst. Health Mgmt</i> 3/4.
	Meniconi, M.F.G.; Gabardo, I.T.; Carneiro, M.E.R.; Barbanti, S.M.; Silva, G.C.; Massone, C.G. 2002. Brazilian oil spills chemical characterization – Case studies. <i>Envir. Forensics</i> , 3, pp. 303-321.

(continuação)

Assunto	Referência
Óleo em manguezais	ADEMA. 1983. <i>Relatório técnico do estudo do impacto do derramamento de óleo em áreas de manguezal do Estado de Sergipe – Brasil</i> . Administração Estadual do Meio Ambiente, Aracajú, SE.
	Schaeffer-Novelli, Y. 1986. <i>Rompimento de oleoduto, 1983. Avaliação de impacto ambiental. Canal de Bertioga, São Paulo</i> . Secretary of Justice, 11th Civil Court, Santos, SP.
	Ponte, A.C.F. <i>et al.</i> 1987. “Impacto causado por petróleo no manguezal do Canal de Bertioga – Estrutura da vegetação”. In: <i>Anais do Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese dos Conhecimentos</i> , pp. 138-147, Cananéia, SP.
	CETESB. 1989. <i>Relatório de acidentes ambientais (Janeiro de 1978 a Fevereiro de 1989)</i> . Final Report. São Paulo, SP.
	CETESB. 1989. <i>Avaliação dos efeitos de um derramamento de óleo em áreas de manguezal (Bertioga, SP)</i> . Programa baixada Santista. Projeto 87.07.00. Technical Report. São Paulo, SP.
	Ponte, A.C.F. <i>et al.</i> 1990. Produção de serrapilheira em mangue impactado por petróleo. <i>Pub. ACIESP</i> 71:241-253.
	Peria, L.C.S, <i>et al.</i> 1991. “Recomposição de copas de <i>Rhizophora mangle</i> desfolhadas artificialmente”. <i>Simpósio sobre Oceanografia</i> , São Paulo, SP. 21-25 Outubro, p.107.

(continuação)

Assunto	Referência
Óleo em manguezais	Schaeffer-Novelli, Y., <i>et al.</i> 1992. “Taxa de crescimento de raiz-escora de <i>Rhizophora mangle</i> em bosque de mangue impactado (baixada Santista) e não impactado (Ilha do Cardoso), Estado de São Paulo”. <i>Simpósio sobre Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas</i> , Rio de Janeiro, RJ. 11-16 Maio, pp.154.
	CETESB. 1994. <i>Biomonitoramento de ecossistemas aquáticos e de transição</i> . Technical Report. São Paulo, SP.
	Machado, A.L. 1994. Análise da cobertura vegetal de um manguezal impactado por óleo através da fotointerpretação. <i>Pub. ACIESP</i> 87:69-85.
	Rodrigues, F.O.; Moura, D.O.; Lamparelli, C.C. 1994. Evolução das alterações estruturais e funcionais provocadas por óleo no manguezal do rio Iriri. <i>Pub. ACIESP</i> 87:195-208.
	Vergara-Filho, W.L. & Alves, J.R.P. 1994. Composição e distribuição dos caranguejos (Crustácea, Decapoda, Brachyura) em manguezais impactados da Baía de Guanabara. II. Manguezal do Rio Iguaçu, Duque de Caxias, Rio de Janeiro. <i>Pub. ACIESP</i> 87:151-156.

(continuação)

Assunto	Referência
Óleo em Costões Rochosos	CETESB. 1991. <i>Efeitos ecológicos do derrame de óleo “Penélope” e da limpeza por jateamento a baixa pressão nos costões rochosos da Praia do Viana</i> . São Paulo, SP.
	Lopes, C.F., Milanelli, J.C.C., Fornasaro, J. 1993. <i>Plano de monitoramento para avaliação de danos por petróleo em comunidades de costões rochosos</i> . Relatório Técnico. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, SP.
	Milanelli, J.C.C., Lopes, C.F., Fornasaro, J. 1993. <i>Estudo de metodologias para a recuperação de costões rochosos impactados por petróleo</i> . Relatório final. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, SP.
	Milanelli, J.C.C. 1994. <i>Efeitos do petróleo e da limpeza por jateamento em um costão rochoso da praia de Barequeçaba, São Sebastião, SP</i> . Dissertação M.Sc., Universidade de São Paulo, São Paulo.
	Lopes, C.F., Milanelli, J.C.C., Prósperi, V.A., Zanardi, E., Truzzi, A.C. 1997. Coastal monitoring program of São Sebastião channel: assessing the effects of ‘TEBAR V’ oil spill on rocky shore populations. <i>Mar. Pollut. Bull.</i> , 34, pp 923-927.

(continuação)

Assunto	Referência
Estudos <i>in situ</i>	Falcão, C. 1996. <i>Avaliação do impacto dos hidrocarbonetos na comunidade de macroalgas por simulação de derrame de petróleo em experimentos in situ – Angra dos Reis, Rio de Janeiro</i> . Dissertação M.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
	Falcão, C. 2002. <i>Avaliação do Impacto por Óleo na Comunidade Bentônica de Costões Rochosos e Técnicas de Biorremediação</i> . Tese D.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
	Reynier, M.V. 2003. <i>Efeitos de um derrame simulado de petróleo sobre a comunidade planctônica costeira em Angra dos Reis, RJ</i> . Tese D.Sc., Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.
Toxicidade	Maurat, M.C.S. 1996. <i>Efeito crônico do óleo bruto, de dispersante de petróleo e da mistura óleo-dispersante na espécie <u>Champia parvula</u> (C. Agardh) Harvey – macroalga</i> . Dissertação M.Sc., Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.
	Reynier, M.V. 1996. <i>Aspectos do ciclo de vida de <u>Mysidium gracile</u> (Dana, 1852) (CRUSTACEA: MYSIDACEA) e um estudo sobre a sua adequação para testes de toxicidade com hidrocarbonetos</i> . Dissertação M.Sc., Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.
	Sousa, E.C.P.M., Tommasi, L.R. 1997. Toxicidade do efluente derivado do terminal marítimo da Petrobrás sobre o gstrópoda <i>Costoanachis sertulariarum</i> . <i>Ver. Bras. Oceanogr.</i> , 45, pp 95-99.
	Passamani, F. 2001. <i>Avaliação da toxicidade do petróleo (Árabe Leve) e do dispersante de petróleo (Corexit 500) sobre a germinação e o crescimento da macroalga <u>Ulva fasciata</u> Delile</i> . Dissertação M.Sc., Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.