
Poluição por óleo – Formas de introdução de petróleo e derivados no ambiente

LUIZ ALEXANDRE GARCIA ALEIXO*; TOSHI-ICHI TACHIBANA**; DOUGLAS CASAGRANDE***

Resumo • Estudos têm gerado evidências significantes de que vêm acontecendo vazamentos espontâneos de gás e óleo no ambiente marinho há milhares de anos. Além das emanações naturais, há outras importantes fontes de introdução de óleo no ambiente aquático: pela deposição atmosférica, descargas urbanas residenciais e industriais, vazamentos em postos de combustível, acidentes operacionais nos portos e terminais marítimos, em plataformas de perfuração e produção de óleo, vazamento de oleodutos, derrames provenientes das atividades de prospecção, armazenagem e transporte. De todas as formas, destacam-se despejos industriais e residenciais que representam 37% de todo o petróleo lançado ao mar.

Palavras-chave • *oil spill*, fontes, poluição.

Title • Oil Pollution – Introducing Oil and Derivatives in the Environment

Abstract • Some studies have showed significant evidences that spontaneous gas and oil spills in the sea has happened for thousand years. Besides natural emanations there are other important sources of oil introduction in the water environment: atmosphere deposition, urban dwelling and industrial discharges, leakages in gas stations, spills in drillings, storage and transportation. Of all forms, we should emphasize industrial and home dejects, which stand for 37% of all the oil thrown into the sea.

Keywords • oil spills, sources, pollution.

1. INTRODUÇÃO

A Convenção Internacional para a Prevenção de Poluição Marinha, de 1973 (IMO-MARPOL 73/78, 1997), define óleo¹ no Anexo I como segue: “óleo representa petróleo em qualquer forma, incluindo óleo cru, óleo combustível, graxa, refugo de óleo e produtos refinados” (diferentes de substâncias petroquímicas, que estão sujeitas às definições do Anexo II da citada Convenção). E, sem limitar a generalidade, inclui as substâncias listadas no Apêndice 1 do Anexo I da Convenção de 1973/78.

Segundo as definições técnicas brasileiras dispostas na Lei 9.478, de 6 de agosto de 1997, seção

II, Art. 6o, *petróleo* é todo e qualquer hidrocarboneto líquido em seu estado natural, a exemplo do óleo cru e condensado.

O petróleo é, ao mesmo tempo, uma das mais importantes fontes de energia e de poluição ambiental. Sendo composto de complexas misturas de hidrocarbonetos, de diversos pesos moleculares e estruturas que variam de um gás leve (metano) até um sólido pesado, é constituído de hidrogênio e carbono, que são os elementos prevalentes, incluindo até 98% de alguns óleos crus e 100% de muitos produtos refinados.

Os hidrocarbonetos de petróleo, cuja denominação básica decorre do arranjo estrutural dos átomos de hidrogênio e carbono que os compõem, causam grandes danos quando no ambiente aquático (HIBBS & GULLIVER, 1999; HIBBS *et al.*, 1999).

Conforme Forrester (1971), o aumento da agressão ao ambiente por poluição, das mais diversas etiologias, provocará uma crise sem precedentes em diversos campos: disponibilidade de recursos naturais, qualidade de vida, número de habitantes e econômico. Atingindo o ápice em 2060, as projeções do mencionado autor indicam a maior escassez de

Data de recebimento: 21/12/2006.

Data de aceitação: 23/02/2007.

* Professor doutor da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas da USJT.

** Professor livre-docente do Dep. de Engenharia Naval e Oceânica da EP-USP.

*** Professor doutor da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas da USJT.

E-mail: prof.doug@usjt.br.

recursos naturais, a pior qualidade de vida, o menor número de habitantes e a necessidade de aporte de recursos, jamais observado, para possibilitar a sobrevivência humana. Embora as projeções do autor tenham sido efetuadas para 2060, elas devem ser vistas criticamente, pois a preocupação com as sucessivas agressões ambientais deve ser uma constante na vida de todo cidadão consciente.

2. TIPOS DE AGRESSÃO AO AMBIENTE AQUÁTICO

Segundo Luporini (1996), a quantidade de óleo lançada nos mares e oceanos, anualmente, é de difícil estimativa. Seja pela falta generalizada de dados resultante da omissão dos poluidores, seja pela incapacidade dos sistemas governamentais fiscalizadores. Desta forma, os valores conhecidos são aproximados. A Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos calculou em 1973 que 6,1 milhões de toneladas eram, anualmente, derramadas nos mares e oceanos. Segundo Doerffer (1992) e The International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF, 1997), o total de petróleo introduzido no ambiente marinho, oriundo das mais diversas fontes, chegava a 3,2 milhões de toneladas métricas por ano. Conforme Clark (1997), esse valor era de 5 milhões de toneladas. Já para o Greenpeace (2006), atualmente, esse valor flutua entre 6 e 7 milhões de toneladas de óleo por ano.

O Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (GESAMP), mencionado no *Marine Pollution Bulletin and Safer Ships* (1992) e em Clark (1992), independentemente do volume derramado, considera importante a significativa redução da contaminação por óleo em escala global. Estimativas feitas em 1981 mostravam que 3,2 milhões de toneladas de óleo por ano entravam no ambiente marinho, provenientes das mais diversas fontes; enquanto, em 1990, esse valor foi bem menor: 2,35 milhões de toneladas.

Embora tenha ocorrido significativa redução na quantidade de óleo introduzida no mar, por atividades relacionadas a seu transporte, que representavam 46% do total de óleo derramado anualmente, outras causas significantes como despejos industriais e urbanos, que respondiam por mais 35%,

têm sido negligenciadas, conforme Yakovleva e Hopke (1999) e Li (2001).

Além do lançamento de óleo, outras formas de agressão ao meio marinho como a construção *in loco*, de plataformas petrolíferas, dutos e outras estruturas, gera grandes quantidades de resíduos que são lançados ao mar. Esses resíduos causam impactos físicos ao ambiente, modificam o padrão de ondas, bem como as correntes marinhas do local, causando perturbações no leito oceânico e problemas de propulsão na navegação (SMITH *et al.*, 1996).

No mar do Norte, como medida de segurança, foram introduzidas áreas de exclusão em volta das plataformas, onde a entrada de navios não petrolíferos é proibida.

Não bastassem os prejuízos ambientais na construção, quando as plataformas deixam de ser utilizadas, pelo esgotamento do poço, são abandonadas e se tornam empecilhos para a navegação.

Já nas operações de exploração *off-shore*, que consistem em técnicas de perfilagem sísmica, utilizadas para a localização dos campos produtores, são causados grandes prejuízos ao ambiente e à economia local (atividades de pesca), principalmente, quando se empregam explosivos, que matam grandes quantidades de peixes. De forma sucinta, a perfilagem sísmica baseia-se na emissão de ondas sísmicas artificiais, geradas por explosivos, ar comprimido, queda de pesos ou uso de vibradores, e na captação dos *ecos* assim gerados. As ondas que retornam depois de percorrerem o solo, de serem refletidas e refratadas nas descontinuidades, são analisadas para determinar a estrutura interna aproximada do solo. Em oceanos, é comum o emprego de explosivos na geração das ondas sísmicas.

Depois de identificado o campo de petróleo, é possível que cerca de 1 milhão de toneladas de óleo escapem do poço, antes que ele seja devidamente perfurado, vedado e explorado (LUPORINI, 1996). As dificuldades naturais para vedar a *cabeça do poço* e colocar os dutos de transporte do óleo são devidas, principalmente, ao fato de se trabalhar numa lâmina de água² que às vezes atinge mais de 1.000 m e que poderá atingir 3.000 m. Assim, o escape do óleo acontece, e, apesar de ocorrer, geralmente, longe da costa, essa poluição também altera a qualidade ambiental.

Existem muitas formas pelas quais o óleo é introduzido no ambiente gerando poluição, algumas das quais já eram abordadas por Skinner e Turekian (1977) e ainda hoje permanecem, coincidentemente, com maior frequência em regiões em que a fiscalização é escassa.

Entre as fontes de introdução de óleo no ambiente estão emanações naturais, pela deposição atmosférica, descargas urbanas residenciais e industriais, acidentes rodoviários, vazamentos em postos de combustível, acidentes operacionais nos portos e terminais marítimos, acidentes em plataformas de perfuração e produção de óleo, vazamento de oleodutos, derrames provenientes das atividades de prospecção, armazenagem e transporte.

No Gráfico 1, a seguir, representa-se a participação média relativa de algumas das fontes, anteriormente citadas, de introdução de óleo e derivados no ambiente marinho.

3. PRINCIPAIS ACIDENTES

Apesar de os acidentes não representarem a maior fonte de introdução de óleo nos oceanos, a participação destes não é desprezível e não pode ser desconsiderada. Mesmo analisando os acidentes que envolveram os menores derramamentos, o volume de óleo espalhado é capaz de produzir consideráveis danos.

Conforme Luporini (1996), a dependência de petróleo por parte da sociedade, um negócio que envolve cerca de 900 bilhões de dólares por ano, gera uma das piores fontes de poluição ambiental. Segundo a Environmental Protection Agency (EPA), a poluição ambiental por óleo causa efeitos de curta e longa duração e traz prejuízos à saúde humana e às suas atividades socioeconômicas, aos animais e plantas e à própria natureza nos territórios atingidos (EPA, 2006).

Muitos petroleiros são registrados sob bandeiras de países que não são filiados às seguradoras internacionais, nem signatários das convenções internacionais para o combate à poluição marinha, como Libéria, Bahamas, Chipre ou Panamá. Com isso, permite-se que navios mais antigos operem sem a exigência de pagamento de taxas e o cumprimento de regulamentações internacionais. A IMO, atualmente, atribui a responsabilidade do derramamento, em função da quantidade transportada, ao proprietário do navio. Gerentes, fretadores e donos de carga ficam isentos de qualquer responsabilidade (GREENPEACE, 2006).

Desde 1974, a ITOPF, organização criada em 1968 para administrar o acordo voluntário entre os proprietários de petroleiros, o Tanker Owner's Voluntary Agreement Concerning Liability for Oil Pollution (TOVACLOP), e dar assistência e treinamento às respostas de limpeza de derramamentos

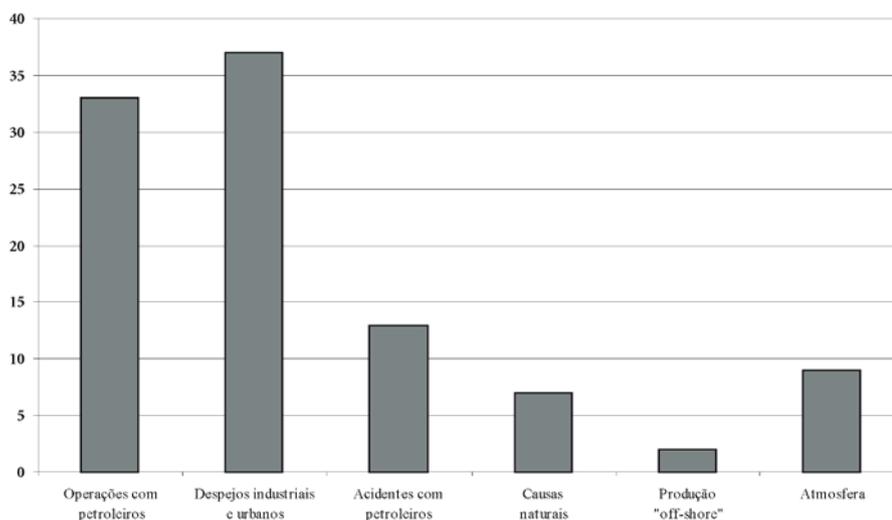


Gráfico 1: Fontes de introdução de óleo e derivados no ambiente marinho.
Fonte: adaptado de ITOPF (2006).

de óleo, vem mantendo um banco de dados com informações obtidas a partir de publicações especializadas, dos proprietários de petroleiros e de suas empresas seguradoras, de todos os derramamentos de óleo do mundo, exceto aqueles resultantes de atos de guerra. Os derramamentos são divididos por volume: menor que 7 toneladas; entre 7 e 700 toneladas e maior que 700 toneladas, tendo sido relatados até o ano 2000 mais de 10.000 incidentes. No Gráfico 2, representa-se um comparativo entre os volumes derramados por tipo de acidente, enquanto na Figura 1 vêem-se as principais rotas internacionais entre os maiores centros produtores (Oriente Médio, Nigéria, Venezuela e Indonésia) e consumidores de petróleo do mundo (EUA, Europa e Japão).

Na Figura 2, se vê a localização dos derramamentos provenientes de acidentes, operações rotineiras em navios como lavagens de tanques, acidentes em plataformas *off-shore*, etc.

As conseqüências da poluição e o volume de óleo derramado acidentalmente variam muito. Em casos de explosões, grandes quantidades de óleo podem ser despejadas durante meses, enquanto acidentes operacionais são geralmente de pequenas proporções. Em 1990, foi estimado que a indústria petrolífera do mar do Norte perdia 2 toneladas de óleo para cada 100.000 toneladas produzidas. Uma

quantidade 30 vezes menor que o óleo perdido pelo setor de transporte.

Os acidentes ocorridos despertam a atenção de pesquisadores, que procuram criar ferramentas de predição, atuação, avaliação das conseqüências ambientais ou descrever os derramamentos usando simuladores. Assim fizeram Han *et al.* (2001), com o acidente na baía de Kwangyang na Coreia, Sugioka *et al.* (1999), com o acidente na baía de Tóquio, Spaulding *et al.* (1993), com o acidente do navio *Mina-Al-Ahmadi* no golfo árabe, ou ainda Proctor *et al.* (1994) e Turrell (1994), com o acidente com o navio *Braer*, e Merrick *et al.* (2002), que, com um modelo de prevenção, após o acidente com o *Exxon Valdez*, fizeram com que os transportadores passassem a investir em medidas para evitar novos acidentes.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ACIDENTES

No Gráfico 3, são representados comparativos dos diversos acidentes ocorridos, os quais envolveram colisões, fogo/explosão, ruptura de casco e encalhes, respectivamente. Os dados indicam não haver causa predominante.

Para reduzir o número de acidentes e, conseqüentemente, a poluição causada por eles, a International Maritime Organization (IMO), das Nações Unidas,

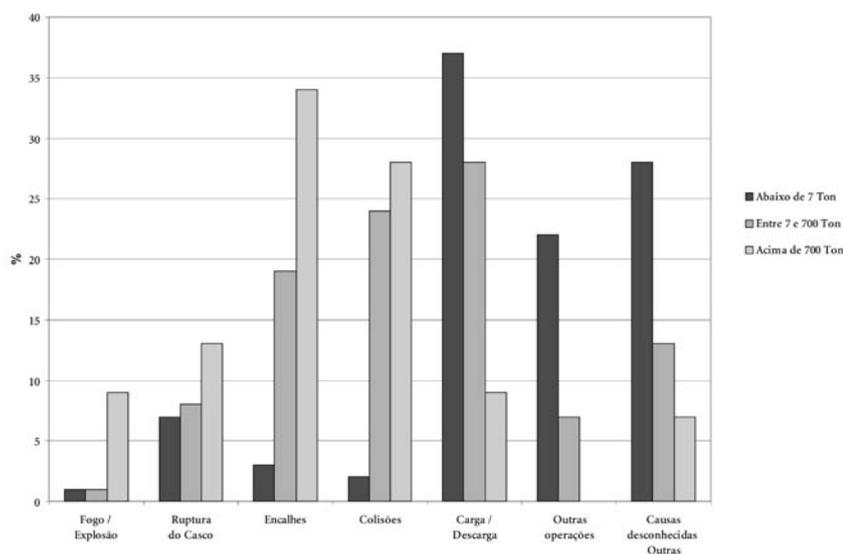


Gráfico 2: Derramamentos de óleo por causa, 1974-2006.

Fonte: adaptado de ITOPF (2006).

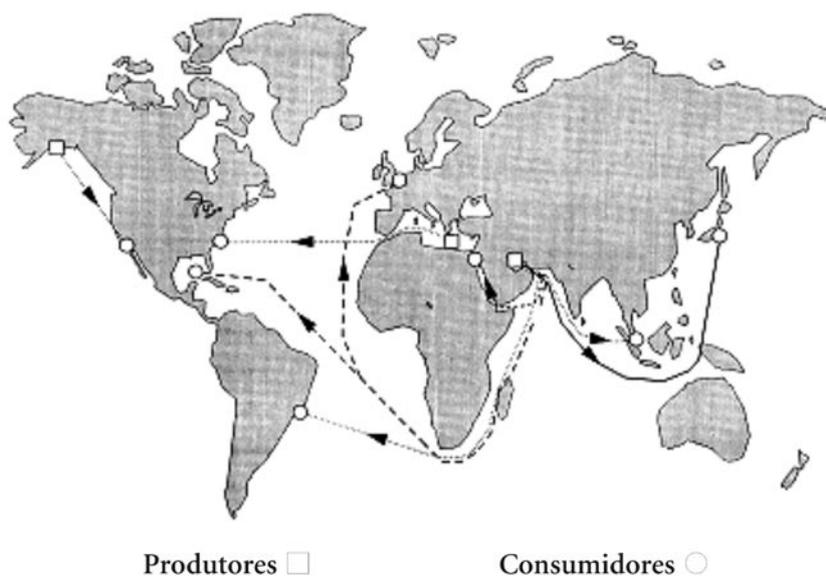


Figura 1: Principais rotas marítimas de transporte de petróleo.
Fonte: adaptado de ITOPE (2006).

e outras entidades, como a ITOPE, vêm produzindo uma série de convenções e regulamentos com o intuito de limitar os despejos operacionais e acidentais de óleo no mar. Entre outras medidas, está a implementação de alterações nos projetos dos navios petroleiros, que devem adotar cascos duplos ou arranjos intermediários, ou, ainda, a obrigatoriedade da existência de um plano de contingência a bordo, com a tripulação devidamente treinada.

Após a Convenção Internacional para Prevenção da Poluição Causada por Navios, de 1973, modificada depois pelo Protocolo de 1978, International Maritime Organization-IMO-MARPOL 73/78 (1997), e IMO-SOLAS (1997), houve uma significativa redução na quantidade de óleo introduzida no mar por atividades relacionadas ao seu transporte.

No Gráfico 4, ilustrou-se a redução, nos últimos anos, da quantidade de óleo introduzida no mar.

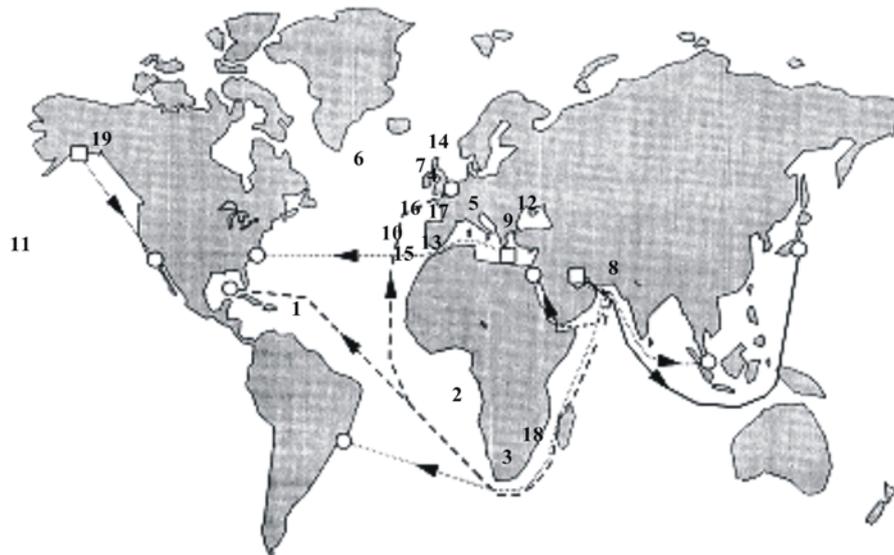
3.2 ACIDENTES NO BRASIL

Apesar da redução, os acidentes ainda têm acontecido tanto por falha humana, quanto por falhas técnicas, como foi o caso do navio *Docepolo*, em 16 de outubro de 1983, no canal de São Sebastião (Tebar-SP), quando houve falha na operação de bombeamento de óleo, devido à perda de pressão das bombas, gerando refluxo na coluna de bombeamento e rompendo o acoplamento da ligação navio-terminal.

Convém observar, que a poluição crônica, por menor que seja, deve ser levada em consideração, uma vez que, mesmo contribuindo individualmente com pequenos volumes de óleo, quando somados todos os acidentes, o total que é adicionado ao mar é considerável. Zanardi *et al.* (1999) estabeleceram um programa de monitoramento do canal de São Sebastião entre 1993 e 1995 com o objetivo de verificar a influência do terminal petrolífero e das atividades humanas no canal, tendo detectado uma elevação nos níveis de hidrocarbonetos de petróleo.

A maioria dos acidentes é resultado da combinação de ações e circunstâncias, entretanto, para viabilizar sua análise, distinguem-se os acidentes por categoria, considerando-se principalmente o mais importante evento ou operação em andamento no momento do derramamento.

No Pólo Petroquímico de Camaçari, no Recôncavo Baiano, por exemplo, além dos riscos associados à produção e ao refino do petróleo, há também riscos relativos à sua utilização e distribuição. O intenso tráfego rodoviário e ferroviário de derivados de petróleo e de produtos químicos leva à multiplicação dos acidentes – um dos mais graves ocorreu em 1982 em Pojuca, quando o vazamento de vagões descarrilados de um comboio carregado com combustíveis acabou provocando incêndios nos arredores da ferrovia, com quase 100 mortos e dezenas de feridos.



Atlantic Empress (1)	Odyssey (6)	Hawaiian Patriot (11)	Prestigie (16)
ABT Summer (2)	Torrey Canyon (7)	Independenta (12)	Aegean Sea (17)
Castillo de Bellver (3)	Sea Star (8)	Jakob Maersk (13)	Katina P (18)
Amoco Cadiz (4)	Irenes Serenade (9)	Braer (14)	Exxon Valdez (19)
Haven (5)	Urquiola (10)	Khark (15)	Fonte/Sovedouro

Figura 2: Localização dos principais derramamentos de petróleo no mar.
 Fonte: adaptado de ITOPF (2006).

Em abril de 1992, um outro acidente sério aconteceu na região: vazaram para a baía de Todos os Santos 48 mil litros de óleo da fábrica de asfalto Madre de Deus.

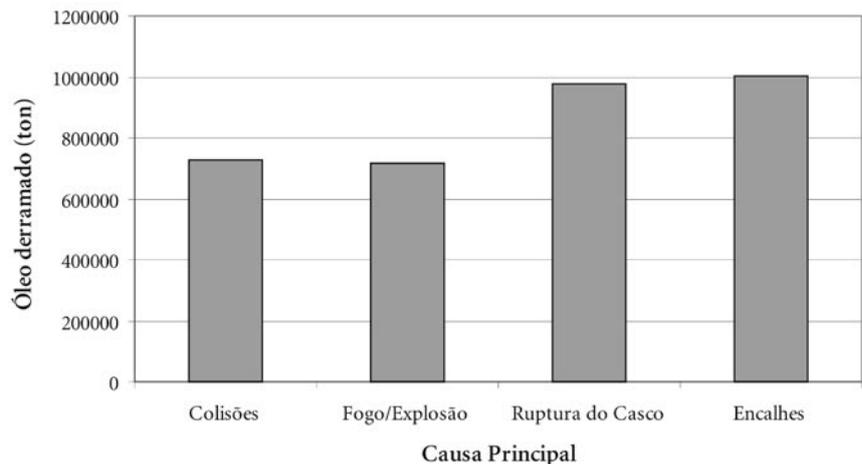
No Brasil, os dois últimos acidentes graves em oleodutos da Petrobrás aconteceram no ano 2000 e causaram grandes vazamentos na baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, onde 1 milhão e 300 mil litros de óleo atingiram uma extensa área de manguezais, e no Paraná, na Refinaria Presidente Getúlio Vargas,

que provocou um derramamento ainda maior: quatro milhões de litros de óleo vazaram no rio Barigui. Em Abramovay (2002), são relatados outros 13 acidentes com vazamento de óleo ocorridos no litoral brasileiro de 1974 a 2000.

3.3 CUSTO DA POLUIÇÃO POR ÓLEO

Os danos causados por um derramamento de óleo vão das agressões ambientais ao comprometimento financeiro das pessoas, empresas e comuni-

Gráfico 3. Causas dos acidentes envolvendo derramamento de óleo.
 Fonte: adaptado ITOPF (2006).



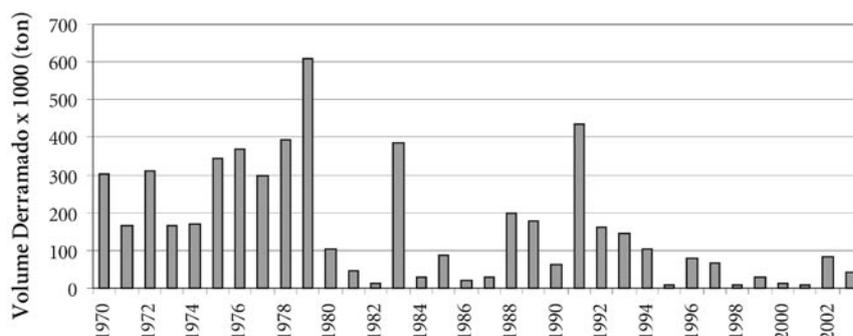


Gráfico 4. Volume de óleo derramado no mar 1970-2003. Fonte: ITOPF (2006).

dades afetadas pela poluição gerada. Em termos financeiros, no acidente com o navio *Amoco Cadiz*, por exemplo, segundo o *Marine Pollution and Safer Ships* (1992), o custo estimado com o evento estava orçado em US\$ 75.398.834,00. Ainda segundo a mesma fonte, no acidente com o navio *Torrey Canyon* os prejuízos chegaram a aproximadamente 16 milhões de dólares, já no acidente com o navio *Exxon Valdez* os custos deveriam ultrapassar 1 bilhão de dólares.

4. CONCLUSÕES

Embora tenham sido avaliadas algumas formas de introdução do óleo no ambiente, bem como verificadas estimativas de custo de alguns dos acidentes ilustrados, não são calculados (talvez nem seja possível) os prejuízos para a natureza em sua diversidade. As alterações ambientais decorrentes de derramamentos de óleo, modificações no próprio óleo, manifestações do contato deste com o ambiente, caracterizando seus efeitos no homem, plantas e animais, são assuntos de interesse e que necessitam estudos posteriores para melhor compreensão. Cabe ainda observar que, apesar de esforços visando a diminuir a ocorrência de acidentes e de outras formas de introdução de óleo no ambiente, tais fatos continuam acontecendo.

Referências bibliográficas

- CLARK, R. B. *Marine Pollution*. Nova York: Oxford University Press, 1997, 4ª ed., 161 p.
- DOERFFER, J. W. *Oil Spill Response in the Marine Environment*. Oxford: Ship Research Institute/Technical University of Gdansk (Polônia)/Pergamon Press, 1992, 391 p.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Understanding Oil Spills and Oil Spill Response*, 2006. Disponível no site <http://www.epa.gov>.
- FORRESTER, J. W. *World Dynamics*. Cambridge: Wright-Allen Press, 1971, 142 p.
- GREENPEACE, 2006. Consultar o site http://www.greenpeace.org.br/toxicos/toxicosphp?conteudo_id=429&content=1.
- HAN, M. W.; CHANG, K. I. & PARK, Y. C. "Distribution and Hydrodynamic Model of the Keumdong Oil Spill in Kwangyang Bay, Korea". *Environment International*, Vol. 26, nº 7-8, 2001, pp. 457-63.
- HIBBS, D. E. & GULLIVER, J. S. "Processes Controlling Aqueous Concentrations for Riverine Spills". *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 64, 1999, pp. 57-73.
- HIBBS, D. E.; GULLIVER, J. S.; VOLLER, V. R. & CHENG, Y. F. "An Aqueous Concentrations Model for Riverine Spills". *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 64, 1999, pp. 37-53.
- INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). *MARPOL 73/78 Consolidated Edition*. Londres: Imo Publications, 1997, 419 p.
- INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). *SOLAS Consolidated Edition*. Londres: Imo Publications, 1997, 542 p.
- INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LTD. (ITOPF). *Response to Marine Oil Spills*. Londres: Witherby, 1997, 116 p.
- ITOPF, 2006. Consultar o site <http://www.itopf.com/stats.html>.
- LI, J. "A GIS Planning Model for Urban Oil Spill Management". *Water Science and Technology*, Vol. 43, nº 5, 2001, pp. 239-44.
- LUPORINI, G. *Um sistema de vigilância marítima aplicado à poluição marinha por petróleo no Brasil*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996, 216 p.
- MARINE POLLUTION BULLETIN AND SAFER SHIPS. *Implications for the Tanker Industry*. Londres: Drewry Shipping Consultants, 1992, 171 p.
- MERRICK, J. R. W.; DORP Jr., V.; MAZZUCHI, T.; HARRALD, J. R.; SPAHN, J. E. & GRABOWSKI, M. "The Prince Willian Sound Risk Assessment". *Interfaces*, Vol. 32, nº 6, novembro-dezembro de 2002, pp. 25-40.

- PROCTOR, R.; ELLIOT, A. J. & FLATHER, R. A. "Forecast and Hindcast Simulations of the Braer Oil Spill". *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 28, nº 4, 1994, pp. 219-29.
- SKINNER, B. J. & TUREKIAN, K. K. *O homem e o oceano*. São Paulo: Edgard Blücher, 1977, p. 155.
- SMITH, J. P.; TYLER, A. O.; RYMELL, M. C.; AMPERANTO, H. & ADISAPOETRA, O. S. "Environmental Effects of Produced Formation Waters in the West Java Sea, Indonesia". Comunicação à International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, 3, Los Angeles, 1996. *Proceedings*, Part 1, Vol. 1, 1996, pp. 683-9.
- SPAULDING, M. L.; ANDERSON, E. L.; ISAJI, T. & HOWLETT, E. "Simulation of the Oil Trajectory and Fate in the Arabian Gulf from the Mina-Al-Ahmadi Spill". *Marine Environmental Research*, Vol. 36, nº 2, 1993, pp. 79-115.
- SUGIOKA, S.; KOJIMA, T.; NAKATA, K. & HORIGUCHI, F. "A Numerical Simulation of an Oil Spill in Tokyo Bay". *Spill Science & Technology Bulletin*, Vol. 5, nº 1, 1999, pp. 51-61.
- TURREL, W. R. "Modelling the Braer Oil Spill – A Retrospective View". *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 28, nº 4, 1994, pp. 211-8.
- YAKOVLEVA, E. & HOPKE, P. K. "Receptor Modelling Assessment of Particle Total Exposure Assessment Methodology Data". *Environmental Science and Technology*, Vol. 33, nº 20, 1999, pp. 3645-52.
- ZANARDI, E.; BICEGO, M. C. & WEBER, R. R. "Dissolved Dispersed Petroleum Aromatic Hydrocarbons in the São Sebastião Channel, São Paulo, Brazil". *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 38, nº 5, 1999, pp. 410-3.

Notas

1 Neste trabalho será utilizado o termo "oleo" de acordo com as definições do IMO-MARPOL 73/78 (1997). Caso seja necessário especificar, o elemento receberá a própria denominação.

2 No Brasil, a Petrobrás criou um programa de desenvolvimento tecnológico para águas ultraprofundas (que atingem mais de 3.000 m) denominado Procap 3000.