

ÓLEO NO NORDESTE: POSSÍVEIS EFEITOS SOBRE OS ORGANISMOS MARINHOS

Daniele Claudino Maciel¹

RESUMO

No segundo semestre do ano de 2019, várias manchas e vestígios de óleo foram encontradas em praias do litoral nordestino, desde a Bahia até o Maranhão. Estima-se que este seja o maior incidente envolvendo a contaminação do ecossistema marinho por petróleo no Brasil, devido principalmente a sua extensão. Assim, através de uma vasta revisão de literatura foram reunidas neste trabalho algumas informações a respeito do petróleo e sua composição, sobre acidentes com petróleo reportados no Brasil, e por fim, os possíveis efeitos agudos e crônicos que os incidentes ocorridos no presente ano no litoral nordestino podem ocasionar, especialmente aos organismos marinhos dos locais atingidos pelo óleo. Fauna e flora expostas ao óleo podem apresentar efeitos agudos, como letalidade e alterações na mobilidade, e efeitos crônicos diversos, podendo estes ser genotóxicos, citotóxicos, morfofisiológicos e comportamentais, como também atingir níveis ecológicos. Desta forma, estudos envolvendo a investigação e a avaliação da fonte do óleo, e de seus reais impactos sobre organismos marinhos, bem como sobre a saúde humana, são urgentes e imprescindíveis.

Palavras-chave: Vazamentos de petróleo, Poluição por óleo, Hidrocarbonetos do petróleo, Efeitos sobre a Biota

INTRODUÇÃO

O petróleo e seus derivados, e outros combustíveis fósseis como gás e o carvão, são a principal fonte de energia primária desde a revolução industrial ocorrida no século XIX, a partir da qual a exploração petrolífera e uso do petróleo ao redor do mundo se intensificou, aumentando-se a demanda na sua produção, transporte e estocagem, e aumentando consequentemente a frequência de derrames acidentais (CAPREZ et al., 2002). O petróleo cru, seus produtos refinados e derivados, como os hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos que o constituem, são encontrados em todo o mundo, contudo, a presença de petróleo no ambiente representa um perigo para os organismos, uma vez que seus constituintes podem ser extremamente tóxicos (ALBERS, 2002). As principais contribuições para a entrada de petróleo no ambiente marinho são de fontes terrestres, como efluentes domésticos e industriais, e vazamentos acidentais, provocados por navios, atividades de exploração *offshore* e atividades de produção (PRÓSPERI E NASCIMENTO, 2008).

¹ Professora do Instituto Federal de Pernambuco, *campus* Pesqueira – IFPE. daniele.maciell@pesqueira.ifpe.edu.br

Quando ocorre vazamento de petróleo no mar, o mesmo se propaga rapidamente formando uma “mancha negra”, que contamina a água, sedimento e organismos, comprometendo a saúde ambiental dos locais atingidos, que podem inclusive estar situados longe da fonte primária do vazamento, já que a contenção das manchas de petróleo no mar são bastante difíceis, uma vez que, as correntes marítimas e do ar, atuam na dispersão do óleo pela água (MARTINHO, 2016). Os impactos dos vazamentos de petróleo para o ambiente são variáveis, e vão depender de uma série de fatores, como a composição do óleo, o volume derramado, a extensão da contaminação, bem como do ambiente atingido, incluindo sua capacidade de recuperação (NICODEM ET AL., 1998). Devido aos impactos significantes dos derrames de petróleo no ambiente marinho, estudos de avaliação dos efeitos do óleo no ambiente, após derrames de petróleo são comumente realizados (SAMMARCO et al., 2013; ZANARDI-LAMARDO et al., 2013; LIU et al., 2016; GUO et al., 2019).

A mistura complexa de compostos que formam o petróleo o potencializa com um produto altamente poluidor. Os impactos causados pelo vazamento de óleo no ambiente, envolve os efeitos da contaminação das diversas matrizes ambientais a biota, bem como os impactos socioeconômicos negativos. Para os organismos, efeitos agudos e letais, resultam em geral do recobrimento e ingestão do óleo, contudo, vale ressaltar a importância das investigações e avaliações dos efeitos crônicos, resultantes em sua maioria da exposição por longos períodos aos compostos do petróleo, especialmente aos hidrocarbonetos. Uma vez na coluna da água, os compostos voláteis e que têm um baixo ponto de ebulição evaporam, alguns componentes polares e de baixo peso molecular se solubilizam, constituindo a fração solúvel em água (FSA), mas a maior parte do óleo se agrega aos organismos e partículas sólidas existentes na atmosfera e na água, para depois sedimentar (BÍCEGO et al., 2008). No sedimento, os compostos do petróleo, incluindo os hidrocarbonetos, podem ficar armazenados por meses, ou até anos, de modo que este acaba funcionando como uma fonte secundária destes contaminantes para o ambiente aquático (TOLOSA et al., 2004).

No segundo semestre do ano de 2019, foram registradas várias manchas de óleo no litoral do Nordeste brasileiro. Nove estados e mais de 90 municípios, compreendidos desde do litoral da Bahia, até o Maranhão, foram afetados pelo óleo. Desta forma, o presente estudo tem por objetivo, através de uma revisão de literatura, reunir informações a respeito dos efeitos agudos e crônicos que acidentes com petróleo podem ocasionar para biota, especialmente no ecossistema marinho, assim como realizar um breve histórico acerca de vazamentos de óleo ocorridos no Brasil e reunir algumas informações sobre a composição química do petróleo.

METODOLOGIA

Para o levantamento bibliográfico foram realizadas pesquisas nas bases de dados (portais) especializadas, tais como Scientific Electronic Library Online (SciELO), Periódicos CAPES, Science Direct e Google Acadêmico. Foram também utilizados dados disponibilizados pela Marinha Brasileira e pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Visando melhorar a busca sobre a temática, foram utilizados palavras e termos específicos ao tema abordado, de forma isolada ou combinada, tais como: petróleo, composição do petróleo, poluição por petróleo, acidentes com petróleo, hidrocarbonetos; hidrocarbonetos aromáticos; hidrocarbonetos alifáticos, efeitos da contaminação por petróleo e etc.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

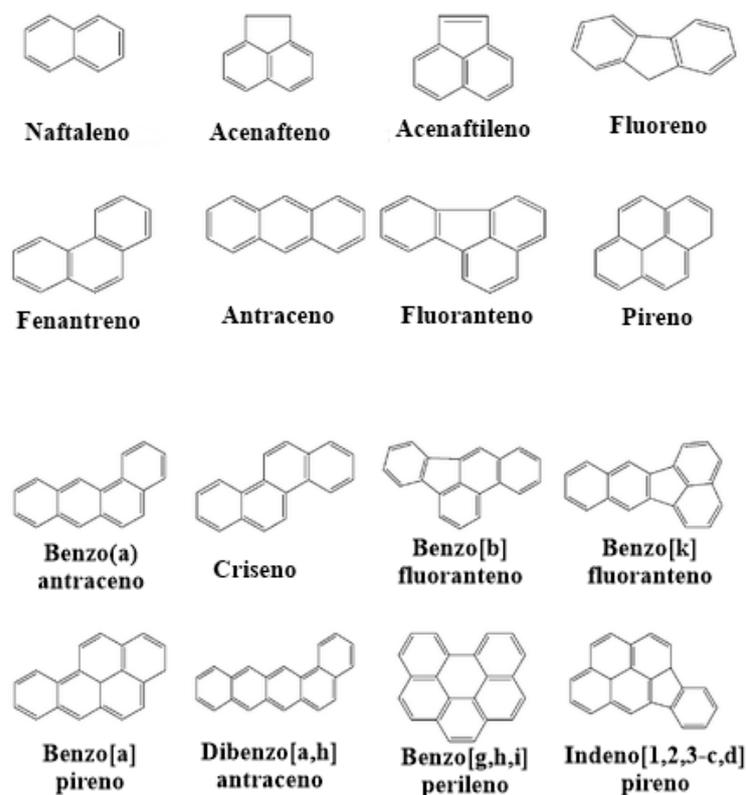
1. Composição do petróleo

De acordo com o IBAMA, análises de amostras de óleo coletadas em vários pontos do litoral nordestino, aponta que a substância encontrada é petróleo cru, ou seja, não se origina de nenhum derivado de óleo (IBAMA, 2019). O óleo cru e a maioria de seus produtos derivados representam uma mistura complexa de milhares de compostos, sendo estes majoritariamente representados pelos hidrocarbonetos, contudo, há ainda a presença de compostos heterocíclicos de enxofre, nitrogênio e oxigênio, quinonas, ácidos, fenóis, tióis, como também complexos metalo-orgânicos (UNEP, 1992). Cerca de 95% do petróleo é constituído por hidrocarbonetos, que são compostos orgânicos formados por átomos de carbono e hidrogênio e, de acordo com a sua estrutura química, podem ser classificados como hidrocarbonetos alifáticos ou aromáticos (BÍCEGO et al., 2008).

Os hidrocarbonetos alifáticos (HAs) (Figura 1) são constituídos por compostos saturados, que são os alcanos (cadeia normal) e isoprenóides (cadeia ramificada); os cicloalcanos ou naftenos, que apresentam anéis formados por ligações simples; e por compostos insaturados, com uma ligação dupla (alcenos) ou tripla (alcinos) entre os carbonos (UNEP, 1992). Os HAs constituem 80% da composição do petróleo e, por esta razão, são utilizados como marcadores geoquímicos da contaminação por óleo (UNEP, 1992).

Os hidrocarbonetos aromáticos, são classificados em monoaromáticos, formados por uma anel aromático e policíclicos aromáticos (HPAs), compostos formados por dois ou mais anéis benzênicos condensados, e perfazem aproximadamente 15% dos HCs do petróleo, (UNEP, 2002; MEIRE et al., 2007). Os compostos monoaromáticos conhecidos como BTEX, (benzeno, tolueno, etilbenzeno e os isômeros de xileno), apresentam elevada toxicidade, representando um alto risco para o ambiente e para a saúde humana, uma vez que atuam depressores do sistema nervoso central e são potencialmente carcinogênicos (SILVA et al., 2009). Assim como os monoaromáticos citados anteriormente, alguns HPAs recebem especial atenção devido a seu alto potencial carcinogênico e mutagênico (ATSDR, 1995) e de acordo com a Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA – US), dezesseis são considerados poluentes prioritários, baseados principalmente no seu potencial tóxico e devem ser monitorados nos ambientes sujeitos à contaminação por petróleo. São eles: naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo[b]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno, benzo[a]pireno, indeno[1,2,3-c,d]pireno, dibenzo[a,h]antraceno, benzo[g,h,i]perileno (Figura 3).

Figura 3. Estrutura molecular dos 16 HPAs considerados como poluentes prioritários em estudos ambientais, de acordo com a Agência de Proteção Ambiental Americana (US-EPA).



Adaptado de: BRUZZONITI et al., (2010)

2. Acidentes com petróleo no Brasil

O primeiro registro de um acidente com petróleo no Brasil, ocorreu em 1960 e se refere ao navio Sinclair Petrolore, que após sua explosão e naufrágio próximo da Ilha de Trindade (ES), resultou em um vazamento de aproximadamente 66.530 m³ de petróleo para o mar (CETESB, 2019). Em 1974, um acidente envolvendo o petroleiro Takimyia Maru, que colidiu com uma rocha submersa no interior do Canal de São Sebastião, promoveu o input de cerca de 6.000 m³ de óleo no mar. Quatro anos mais tarde, em 1978, um acidente com petroleiro Brazilian Marina, praticamente no mesmo local, despejou volume de óleo um semelhante ao reportado para o desastre envolvendo o Takimya Maru para o ambiente (POFFO, 2011).

Em 1975, um rompimento no casco do petroleiro iraquiano Tarik Ibn Ziyad na Baía de Guanabara, resultou no vazamento de cerca de seis milhões de litros de óleo no local, afetando as cidades do Rio de Janeiro e Niterói, no estado do Rio de Janeiro (CAPREZ et al., 2002). Ainda no Rio de Janeiro, em 1988, no terminal Torguá da Petrobras na Ilha d'Água, ocorreu o vazamento de 10 toneladas de óleo combustível do navio tanque Carioca da Fronape. Dois anos mais tarde, mais 10 toneladas de óleo cru vazaram do navio Doce Pólo, durante uma operação no mesmo terminal. Ainda em 1998, também 10 toneladas de petróleo do navio tanque Mafra, vazaram na Ilha do Governador, também situada no RJ (MONTEIRO, 2003). Em março de 2001, um acidente na plataforma P-36 na Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil, resultando em 11 mortes, perda total da unidade, cuja produção a plena carga seria de 180 mil barris por dia, e um prejuízo estimado em um bilhão de Reais (FIGUEIREDO et al., 2018).

Acidentes em oleodutos da Petrobrás ao longo dos anos, também configuram importantes fontes de grandes quantidades de óleo para o ambiente marinho. Em 1994, a ruptura de um duto introduziu mais 2.700 toneladas de óleo no Canal de São Sebastião (SP) (Zanardi-Lamardo et al., 2013). Em janeiro e em julho de 2000, o rompimento de dutos em Baía de Guanabara (RJ) e na Refinaria Getúlio Vargas em Araucária (PR), introduziram 1,3 mil toneladas e 4 milhões de óleo cru, respectivamente, ao mar. No ano seguinte, em junho de 2001, 100 toneladas de óleo vazaram para o ambiente em Osasco (SP) envolvendo o rompimento de um duto (PUC/RIO, 2019).

Em 2004, com a explosão do navio chileno Vicuña, no Porto de Paranaguá (PR), 5.000 m³ de óleo de combustível marítimo vazaram para o local, ocasionando a morte e contaminação

de vários organismos marinhos e estuarinos, além da morte de tripulantes embarcação (POFFO, 2011).

Em 2011, durante a perfuração de um poço de petróleo em Campo de Frade, na Bacia de Campos, no litoral do Rio de Janeiro, uma falha técnica resultou no vazamento do equivalente a 3.700 barris de petróleo no leito do mar (RODRIGUES, 2011).

Recentemente, no final de agosto de 2019, manchas de óleo foram observadas ao longo de várias praias do litoral do Nordeste brasileiro. A origem do derrame, que ainda está sendo investigada, está inicialmente associada a uma embarcação de bandeira grega, que transportava óleo cru da Venezuela para a África do Sul. Ainda não se sabe se o derrame foi acidental ou intencional, mas de acordo com a Marinha do Brasil, as investigações estão sendo realizadas para que enfim possa se esclarecer todos os fatos envolvendo o derrame ocorrido (MARINHA DO BRASIL, 2019b). Ainda segundo a Marinha Brasileira, imagens de satélite do dia 29 de julho de 2019, apontam uma mancha de óleo a 773,2 km ao leste do estado da Paraíba.

De acordo com o IBAMA, até o mês de outubro de 2019, nove estados foram afetados pelo derrame do petróleo, sendo estes: Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão (IBAMA, 2019). O incidente já é classificado como inédito na história do Brasil, especialmente pela sua extensão geográfica, atingindo mais de 2.250 km do litoral nordestino (MARINHA DO BRASIL, 2019). Foram registradas 283 áreas afetadas, sendo observada a presença de manchas e vestígios esparsos de óleo (IBAMA, 2019). O número de áreas afetadas pelo óleo por estado pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1. Estados do Nordeste afetados pelo vazamento de petróleo em 2019, e o número de afetadas em cada um deles. Fonte: IBAMA, 2019.

Estados	Número de áreas afetadas
Maranhão	13
Piauí	8
Ceará	18
Rio Grande do Norte	51
Paraíba	17
Pernambuco	37
Alagoas	46
Sergipe	20
Bahia	74

3. Efeitos do petróleo sobre a biota marinha

Os impactos do óleo cru no ambiente, dependem das características específicas, tanto do óleo quanto do ambiente afetado (LOPES et al., 2009). Contudo, pode-se afirmar que os incidentes envolvendo a contaminação de várias praias do litoral nordestino por óleo resultarão em uma série prejuízos socioeconômicos e em efeito nocivos, agudo e crônicos, algumas vezes imensuráveis, sobre a biota, especialmente a marinha e a estuarina.

Os efeitos agudos são traduzidos principalmente pela morte de vários organismos, desde as formas mais simples, como o fitoplâncton e zooplâncton, até de animais vertebrados. Estes primeiros, devido a sua elevada sensibilidade as perturbações ambientais, são bastante vulneráveis. Vale salientar que ambos, fito e zooplâncton, constituem elos iniciais e fundamentais das teias tróficas aquáticas, de modo que a diminuição das populações planctônicas acaba afetando o equilíbrio trófico de vários ecossistemas presentes no ambiente marinho.

Vegetais e animais são afetados de diversas formas pelo óleo que chega ao ambiente aquático, principalmente através de efeitos físicos de recobrimento, que podem levar a asfixia, além de afetar funções fisiológicas básicas como respiração, excreção, alimentação e fotossíntese, alterando a locomoção e a regulação de temperatura do corpo, levando ao stress térmico e consequente morte (CORREIA E BEZERRA, 1998).

Os vegetais aquáticos, podem absorver o óleo de características mais leves (menos denso), e este pode atuar a nível celular, sendo desta forma bastante tóxicos para as plantas, por sua vez, o óleo mais pesado, causa asfixia ao recobrir as superfícies de algas e plantas, dificultando as trocas gasosas, como também a ocorrência da fotossíntese, resultando consequentemente na morte das mesmas (LOPES ET AL., 2009). Juntamente com o fitoplâncton, algas e plantas constituem o nível inicial das cadeias alimentares marinhas, sendo os produtores primários das teias alimentares dos ecossistemas aquáticos, assim o desaparecimento destes organismos, ou a diminuição populacional dos mesmos, podem resultar em um colapso nas cadeias tróficas dos ambientes afetados pelo óleo.

Comunidades de invertebrados marinhos respondem de forma rápida aos derrames de óleo, e os efeitos agudos resultam em intensa mortalidade dos organismos e perdas da diversidade das comunidades, seguido de extremas flutuações populacionais, envolvendo mudanças na abundância, na estrutura populacional, alterações nas relações ecológicas e nas interações

tróficas, promovendo alterações dramáticas nas assembleias de invertebrados (SUCHANEK, 1993). Ainda segundo Suchanek (1993), os efeitos subletais são decorrentes principalmente da toxicidade crônica dos compostos de petróleo, especialmente HPAs. Estes compostos devido sua natureza hidrofóbica, são altamente lipossolúveis e rapidamente absorvidos pelos pulmões ou brânquias, intestinos e pela pele de animais, independente da rota de administração, resultando em alterações genéticas e morfofisiológicas, que levam a diminuição na reprodução e recrutamento dos organismos (MEIRE et al., 2007, SUCHANEK, 1993).

De acordo com o boletim relativo a fauna afetada pelo óleo no nordeste, foram registrados 107 animais oleados, dos quais, 22 eram aves, 74 tartarugas marinhas, um mamífero e 10 classificados como “outros”. Destes 107 vertebrados, 81 estavam mortos (IBAMA, 2019). Contudo, vale ressaltar que estes números podem estar subestimados, uma vez que a extensão das áreas atingidas é grande e dificulta o monitoramento contínuo e em tempo real dos órgãos ambientais, e também estes números não levam em consideração outros organismos da fauna aquática afetada, como peixes e invertebrados.

Em peixes, concentrações de petróleo menores que 0,5 ppm durante um longo período de exposição, e altas concentrações, maiores que 100 ppm em um curto período de exposição, podem ser letais (ALBERS, 2002). Efeitos subletais se iniciam em concentrações menores que 0,5 ppm, e incluem mudanças nas frequências cardíacas e respiratórias, danos na estrutura das brânquias, aumento do fígado, redução do crescimento, desgaste das nadadeiras e mudanças no padrão natatório, diminuição da acuidade visual, aumento nos níveis de corticosteroides marcadores de estresse, imunossupressão, alterações reprodutivas, susceptibilidade a parasitas, alterações celulares e comportamentais (ALBERS, 2002, CARVALHO et al. 2008, Torreiro-Melo et al. 2015).

Em tartarugas expostas ao óleo cru observou-se a redução em até 50% na contagem de células sanguíneas, alterações histológicas brutas, incluindo inflamação e displasia da epiderme, e conseqüentemente o aumento a susceptibilidade a infecções (LUTCAVAGE et al., 1995). De forma geral, os efeitos do óleo em tartarugas marinhas incluem um aumento da mortalidade de ovos e alterações no desenvolvimento do embrião, mortalidade direta devido ao recobrimento, em filhotes, juvenis e adultos; alterações epiteliais, sanguíneas, digestórias e imunológicas, além de alterações no funcionamento das glândulas salinas (MILTON et al, 2003).

A morte de aves aquáticas é uma consequência comum de derramamentos de petróleo, uma vez que o óleo recobre a superfície do corpo destes animais, de modo que as penas absorvem o

óleo, ficam emaranhadas e perdem as propriedades críticas de repelência à água, impedindo o vôo (LEIGHTON, 1993). A morte nestes casos resulta de combinações de hipotermia, fome e afogamento. Além disto, os embriões aviários são altamente sensíveis ao óleo que contamina a casca do ovo; concentrações de 1 a 10 μL podem ser letais para os embriões durante a primeira metade da incubação. A ingestão do óleo também representa uma importante via de exposição, causando intoxicação grave aos animais (LEIGHTON, 1993).

Em mamíferos marinhos, a ingestão de óleo em grandes quantidades pode resultar agudos. No entanto, a maioria destes animais, como focas e cetáceos, são capazes de metabolizar rapidamente os hidrocarbonetos (ALBERS, 2002). Efeitos da exposição de mamíferos ao petróleo podem causar hemorragia gastrointestinal, falhas no sistema de filtração renal, anemia, desidratação, efisema pulmonar, necrose hepática e alterações genotóxicas e outras alterações morfofisiológicas e comportamentais, como alterações natatórias, nos sistemas de termoregulação, com diminuição da temperatura corpórea e consequente aumento das taxas metabólicas (ENGELHARDT, 1983; ALBERS, 2002).

Diante do exposto é possível estimar os efeitos drásticos da contaminação por petróleo sobre os organismos dos ecossistemas marinhos e estuarinos dos locais atingidos pelo óleo. A gravidade e velocidade da ocorrência dos efeitos letais e subletais é preocupante e requer atenção máxima da comunidade científica, bem como dos órgãos públicos responsáveis pela contenção, remoção e remediação dos lugares afetados. O monitoramento dos pescados deve ser contínuo e eficaz, por que apesar de em sua maioria, os compostos de petróleo serem metabolizados, alguns animais, especialmente moluscos bivalves como sururus, mariscos e ostras, amplamente consumidos na região nordeste, possuem limitações na metabolização destes compostos, de forma que os mesmos tendem a ficar certo tempo acumulados em seus organismos, representando assim, riscos a saúde daqueles que os ingerem (ALBERS, 2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os incidentes recentes envolvendo a contaminação e poluição de vários locais na costa do Nordeste por petróleo, pode ser classificado com um dos maiores desastres ambientais ocorridos no país, quando comparado com acidentes com petróleo registrados anteriormente, especialmente devido a extensão das áreas atingidas. As características físico-químicas dos compostos do petróleo, resulta na intensa preocupação dos os efeitos crônicos da contaminação das diversas matrizes ambientais pelo óleo, uma vez que tais efeitos podem durar anos. Os efeitos sobre a biota marinha, vão desde de a morte de organismos (agudos), que resulta em

profundas alterações nas teias tróficas e estruturas populacionais das comunidades marinhas, à efeitos subletais: genéticos, morfofisiológicos, comportamentais e ecológicos, Estudos para avaliação da fonte de óleo, níveis de contaminação, estabelecimento das concentrações dos compostos do petróleo, avaliação ecotoxicológica de amostras ambientais de locais contaminados, além de avaliações das alterações nas estruturas populacionais dos ecossistemas marinhos atingidos tornam-se imprescindíveis e urgentes. Importante também é avaliar os efeitos destes compostos sobre a saúde humana, bem como integrar esses dados a uma avaliação dos impactos socioeconômicos gerados pela contaminação das praias e estuários do litoral nordestino pelo óleo. Imprescindível também é a atuação eficaz dos órgãos públicos, especialmente das agências ambientais e de saúde, que devem atuar com velocidade e de forma integrada a comunidade científica, no estabelecimento de medidas mitigadoras e ações e estratégias remediadoras, que resultem na minimização dos impactos do óleo no ambiente e para a saúde humana.

REFERÊNCIAS

ALBERS, P. H. Petroleum and individual polycyclic aromatic hydrocarbons. Hoffman, D. J., Rattner, B. A., Burton Jr, G. A., Cairns Jr, J. In: **Handbook of ecotoxicology**, second edition, Lewis Publishers, Boca Raton, FL. 341-371p.

ATSDR. **Toxicological profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)**. (G. U. S. D. of H. and H. S. Atlanta Public Health Service., Ed.), 1995.

BÍCEGO, M.C., SEYFFERT, B.H., MARTINS, C.C., FILLMANN, G. Poluição por petróleo, in: BAPTISTA NETO, J.A., WALLNER-KERSANACH, M., PATCHINEELAM, S.M. (Eds.), **Poluição Marinha**. Interciência Ltda., Rio de Janeiro. 2008.

BOULOUBASSI, I.; SALIOT, A. Investigation of anthropogenic and natural organic inputs in estuarine sediments using hydrocarbon markers (NAH, LAB, PAH). **Oceanologica Acta**, v. 16, n. 2, p. 145–161, 1993.

BRUZZONITI, M. C.; FUNGI, M.; SARZANINI, C. Determination of EPA's priority pollutant polycyclic aromatic hydrocarbons in drinking waters by solid phase extraction-HPLC. **Analytical Methods**, v. 2, n. 6, p. 739–745, 2010. The Royal Society of Chemistry.

CARVALHO, P. S. M. ; KALIL, Daniel da Costa Branco ; NOVELLI, G. A. A. ; BAINY, Afonso C D ; FRAGA, A. P. M. Effects of naphthalene and phenathrene on visual and prey capture endpoints during early stages of dourado *Salimus barsilensis*. **Marine Environmental Research** , v. 66, p. 205-207, 2008.

CETESB, 2019. **Breve história do petróleo no Brasil e em São Paulo e principais acidentes**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/wp->

<content/uploads/sites/22/2013/12/Principais-Acidentes-Brasil-.pdf>. Acesso em 24 de outubro de 2019.

CHEMSPIDER. **ChemSpider**. Disponível em: <<http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.6085.html?rid=fc9c333e-d6ac-41d5-b6fa-e7d26febe5bc>>. Acesso em: 5/9/2015.

ENGELHARDT, F. R., Petroleum effects on marine mammals, **Aquat. Toxicol**, v. 4, 199, 1983.

FIGUEIREDO, M., ALVAREZ, D., & ADAMS, R. O acidente da plataforma de petróleo P-36 revisitado 15 anos depois: da gestão de situações incidentais e acidentais aos fatores organizacionais. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 4, 2018.

GUO, W.; ZHANG, S.; WU, G. Quantitative oil spill risk from offshore fields in the Bohai Sea, China. **Science of The Total Environment**, v. 688, p. 494–504, 20 out. 2019.

IBAMA, 2019. **Manchas de óleo no litoral do Nordeste**. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/notas/2047-manchas-de-oleo-no-litoral-do-nordeste>. Acesso: 30 de outubro de 2019.

LEIGHTON, F. A. The toxicity of petroleum oils to birds. **Environmental Reviews**, v. 1, n. 2 p. 92-103, 1993.

LIU, Z. et al. The impact of Deepwater Horizon oil spill on petroleum hydrocarbons in surface waters of the northern Gulf of Mexico. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 129, p. 292–300, 1 jul. 2016.

LOPES, A. et al. Effects of crude oil on survival , morphology , and anatomy of two aquatic macrophytes from the **Amazon floodplains**. p. 295–305, 2009.

LUTCAVAGE, M. E. et al. Physiologic and Clinicopathologic Effects of Crude Oil on Loggerhead Sea Turtles. **Arch. Environ. Contam. Toxicol**, v. 422, p. 417–422, 1995.

MARINHA DO BRASIL, 2019. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/manchasdeoleo>. Acesso em 30 de outubro de 2019.

MARINHA DO BRASIL, 2019b. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/sites/default/files/nota_a_imprensa_-_inquerito_oleo_1-1.pdf. Acesso em 01 de novembro de 2019.

MARTINHO H. M. G. Petróleo no ambiente marinho e os impactos ambientais e socioeconômicos. **Atas de Saúde Ambiental**, v. 4, p. 190-205, 2016.

MEIRE, R. O.; AZEREDO, A.; TORRES, J. P. M. Aspectos ecotoxicológicos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. **Oecol Brasil**, v. 11, n. 2, p. 188–201, 2007.

MILTON, S., P. LUTZ, AND G. SHIGENAKA, Oil Toxicity and Impacts on Sea Turtles, In: SHIGENAKA, G., Oil and Sea Turtles, biology, planning, and response, National Oceanic and Atmospheric Administration National Ocean Service, NOAA, cap. 4, p. 35 – 49, 2003.

CRAPEZ, M. A. C.; BROGES, A. L. N. B.; BISPO, M. G. S.; PEREIRA, D. C. Tratamento para derrames de petróleo. **Ciência hoje**, v. 30, n. 179, p. 32-37, 2002.

MONTEIRO, A. G. **Metodologia de avaliação de custos ambientais provocados por vazamento de óleo – O estudo de caso do Complexo REDUC-DTSE** [Rio de Janeiro] Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 270 p. 2003.

NICODEM, D.E., GUEDES, C.L.B., CORREIA, R.J. Photochemistry of petroleum I. Systematic study of a Brazilian intermediate crude oil. **Marine Chemistry**, v. 63, p. 93 – 104, 1998.

POFFO, I. R. F. **Percepção de riscos e comportamento da comunidade diante de acidentes ambientais em áreas portuárias de Santos e de São Sebastião**. 119 f. Tese (Doutorado em Psicologia) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011.

PROSPERI, V. A.; NASCIMENTO, I. A. Avaliação ecotoxicológica de ambientes marinhos e estuarinos. In: **Exotoxicologia Aquática: princípios e aplicações**. [s.l: s.n.]. p. 269–286.

PUC/RIO, 2019. Acidentes Recentes em Dutos da Petrobras. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7742/7742_5.PDF. Acesso em: 24 de outubro de 2019.

READMAN, J. W.; FILLMANN, G.; TOLOSA, I.; et al. Petroleum and PAH contamination of the Black Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, n. 1, p. 48–62, 2002.

RODRIGUES, N. P. E. **Geopolítica do petróleo e destaque do Brasil neste contexto**. Monografia de Especialização, Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SAMMARCO, P. W. et al. Distribution and concentrations of petroleum hydrocarbons associated with the BP/Deepwater Horizon Oil Spill, Gulf of Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 73, n. 1, p. 129–143, 15 ago. 2013.

SILVA, F. L. do N. et al. Determinação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos em gasolina comercializada nos postos do estado do Piauí. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 56-60, 2009.

SUCHANEK, T. H. Oil Impacts on Marine Invertebrate Populations and Communities, **Integrative and Comparative Biology**, v, 33, n. 6, p. 510–523, 1993.

TOLOSA, I. et al. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal caspian Sea sediments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 48, n. 1–2, p. 44–60, 2004.

TORREIRO-MELO, A. G. A. G. ; SILVA, J. S. ; BIANCHINI, A. ; LAMARDO, E. Z. ; CARVALHO, P.S.M. . Bioconcentration of phenanthrene and metabolites in bile and behavioral alterations in the tropical estuarine guppy *Poecilia vivipara*. **Chemosphere** (Oxford), v. 132, p. 17-23, 2015.

UNEP. Determination of petroleum hydrocarbons in sediments. **Reference Methods for Marine Pollution Studies**, p. 75, 1992.

VOLKMAN, J. K. et al. Identification of natural, anthropogenic and petroleum hydrocarbons in aquatic sediments. **Science of The Total Environment**, v. 112, n. 2–3, p. 203–219, 1992.

ZANARDI-LAMARDO, E.; BÍCEGO, M. C.; WEBER, R. R. The fate of an oil spill in São Sebastião channel: a case study. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 61, p. 93–104, 2013.