

ANÁLISE DE CASOS DE INTOXICAÇÃO EXÓGENA POR EXPOSIÇÃO AO PETRÓLEO DO DERRAMAMENTO NAS PRAIAS DO NORDESTE BRASILEIRO

ANALYSIS OF CASES OF EXOGENOUS INTOXICATION BY EXPOSURE TO OIL FROM THE SPILL ON THE BEACHES OF NORTHEAST BRAZIL

José Marcos da Silva

Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil
jose.marcoss@ufpe.br

Maria da Silva Soares

Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil
silva.soares@ufpe.br

Solange Laurentino dos Santos

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Médicas, Recife, PE, Brasil
solange.lsantos@ufpe.br

Maria Helena Rodrigues Galvão

Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil
mariahelena.galvao@ufpe.br

Lia Giraldo da Silva Augusto

Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Aggeu Magalhães, Recife, PE, Brasil
lgiraldo@uol.com.br

RESUMO

O derramamento de petróleo nas águas oceânicas do nordeste do Brasil em 2019, configurou-se como um desastre com implicações para a saúde pública, com milhares de pessoas expostas na limpeza das praias. Neste artigo são apresentados os resultados de uma pesquisa epidemiológica, descritiva e transversal cujo objetivo foi descrever a notificação de casos de intoxicação exógena por petróleo, problematizando-a com o desastre por derramamento de petróleo nas praias do nordeste do Brasil no ano de 2019. Foram identificados 343 casos notificados, o estado de Pernambuco foi o de maior incidência. O perfil epidemiológico retrata que os expostos são pessoas do sexo feminino; a raça/cor preta/parda; a escolaridade ensino médio e educação superior completos; com situação de trabalho “cidadãos voluntários na atividade temporária”; a circunstância de exposição foi a de tipo ambiental, e as vias de exposição cutânea e respiratória. Conclui-se que a mobilização de voluntários para a atividade foi caótica e inadequada, com inúmeros casos, com risco para câncer, doenças hematológicas e neurológicas. O sistema de vigilância epidemiológica carece de aperfeiçoar suas práticas para identificar expostos, pois se viu um despreparo. Importa que medidas de proteção da saúde sejam adotadas diante de cenários prospectivos de desastres de petróleo.

Palavras-chave: Contaminação ambiental. Derramamento de petróleo. Exposição química. Vigilância de situações de risco.

ABSTRACT

The oil spill in the ocean waters off northeastern Brazil in 2019 was a disaster with significant implications for public health, as thousands of people were exposed while cleaning the beaches. This article presents the results of an epidemiological, descriptive, and cross-sectional study aimed at describing the reported cases of exogenous oil poisoning, contextualized by the oil spill disaster on the beaches of northeastern Brazil in 2019. A total of 343 reported cases were identified, with the state of Pernambuco having the highest incidence. The epidemiological profile reveals that those exposed were predominantly female, of black/brown race/skin color, with completed secondary and higher education; the majority were volunteers in temporary work activities. The exposure occurred in an environmental context, with cutaneous and respiratory routes of exposure. The conclusion drawn is that the mobilization of volunteers for this activity was chaotic and

inadequate, resulting in numerous cases at risk for cancer, as well as hematological and neurological disorders. The epidemiological surveillance system needs to enhance its practices for identifying those exposed, as it was found to be unprepared. It is crucial that health protection measures be implemented in anticipation of potential oil disaster scenarios.

Keywords: Environmental contamination. Oil spills. Chemical Exposure. Surveillance of risk situations.

INTRODUÇÃO

A exposição humana ao petróleo é uma preocupação para a saúde coletiva devido a à gravidade dos sintomas e das formas de adoecimento que podem evoluir para câncer e morte. Entre os constituintes naturais do petróleo, o benzeno, um hidrocarboneto aromático, é o mais predominante entre os produtos químicos, borrachas, lubrificantes, corantes, detergentes, medicamentos e agrotóxicos, com implicações éticas para a proteção da saúde e o ambiente (Silva; Augusto, 2021; Silva *et al.*, 2017; Vermeulen *et al.*, 2023).

Há evidências de que a exposição humana ao benzeno resulta em quadros de leucemia mieloide aguda, além de estar associada à leucemia linfocítica aguda, leucemia linfocítica crônica, mieloma múltiplo e linfoma não-Hodgkin (Augusto, 1991; 1995; Loomis *et al.*, 2017).

Diversas pesquisas demonstraram fortes evidências da relação entre a exposição humana ao petróleo como os cânceres linfohematopoiéticos, uma vez que, os metabólitos do benzeno, predominante na composição do petróleo, induzem múltiplos efeitos ao nível das células estaminais hematopoiéticas (HSCs), resultando em efeitos biológicos, incluindo hematotoxicidade e alterações cromossómicas (Augusto, 1991; 1995; Loomis *et al.*, 2017; Vermeulen *et al.*, 2023).

De modo semelhante, há comprometimento do sistema hematopoiético, incluindo granulocitopenia, linfocitopenia, pancitopenia e anemia aplástica, sendo um dos principais efeitos adversos para a saúde que podem ser medidos pela diminuição das células do sangue periférico, em uma ampla faixa de níveis de exposição (Augusto, 1991; 1995; Vermeulen *et al.*, 2023).

Os efeitos hematotóxicos dessa exposição química contribuem para a leucemogênese, principalmente devido ao benzeno, afetam as HSCs e interagem com células estromais de suporte e linfócitos maduros. Alterações hematológicas no microambiente estromal permitem a expansão clonal de células-tronco leucêmicas (Dewi *et al.*, 2020).

Infere-se que o processo evolutivo dessa exposição pode resultar em alterações cromossómicas e de instabilidade genômica nas células sanguíneas e nas células progenitoras, com risco aumentado de mais de 70 vezes de malignidades hematopoiéticas (Rothman *et al.*, 1997; Laffon; Valdiglesias; Pasáro, 2016).

Embora os perigos dos efeitos hematológicos induzidos pelo benzeno sejam geralmente aceitos, ainda há um contínuo debate sobre a forma da curva de exposição-resposta (ERC) para baixos níveis de exposição ao benzeno, incluindo a existência de limiares funcionais "permitidos". No entanto, pesquisas demonstram que a associação entre a exposição ao benzeno e a contagem periférica de leucócitos e células-tronco pluripotentes é não-linear, com uma inclinação mais acentuada em níveis mais baixos de exposição ao benzeno (Vermeulen *et al.*, 2023; Thomas *et al.*, 2014).

Essas evidências apontam para um aumento proporcionalmente mais forte dos efeitos adversos em níveis mais baixos de exposição, em comparação com níveis mais elevados de exposição ao benzeno. Essa observação é potencialmente importante ao extrapolar riscos para exposições consideradas dentro dos níveis "permitidos" em contextos ocupacionais e ambientais (Vermeulen *et al.*, 2023).

A exposição ambiental ao petróleo é um problema que tem sido abordado a partir da perspectiva da inter-relação entre saúde, ambiente, produção e trabalho (Silva *et al.*, 2013, 2017; Silva; Gurgel; Augusto, 2016), especialmente diante da ampliação da cadeia produtiva do petróleo no Brasil, que representa situações de risco, desastres ambientais e tecnológicos que configuram emergências em saúde pública (Pena *et al.*, 2020).

No Brasil, a principal estratégia de monitoramento da exposição ao petróleo é realizada por meio do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan), por meio da notificação de intoxicação exógena, definida como uma manifestação clínica dos efeitos nocivos produzidos em um organismo vivo devido à sua interação com substâncias químicas exógenas. Os serviços e profissionais de saúde devem notificar os casos de intoxicação preenchendo a ficha de notificação e, nos casos relacionados ao trabalho, emitindo a comunicação de acidentes de trabalho (Brasil, 2018).

O conjunto de sinais, sintomas e complicações decorrentes da exposição química pode ser classificado como agudo, quando ocorre exposição a altas concentrações em um curto período, ou crônico, quando a exposição se dá por um longo período a baixas concentrações. Os efeitos agudos podem incluir aceleração dos batimentos cardíacos, dificuldade respiratória, tremores, convulsões e irritação das mucosas ocular e respiratória, podendo resultar em edema pulmonar. Também podem ocorrer efeitos tóxicos no sistema nervoso central, causando narcose (diminuição das atividades neuronais) e excitação, seguidos de sonolência, tontura, cefaleia, náuseas, taquicardia, dificuldade respiratória, perda de consciência e até morte (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007; Brasil, 2021).

Os efeitos crônicos podem incluir anemia, sangramentos excessivos, queda do sistema imunológico, com aumento do risco de infecções e desenvolvimento de cânceres sanguíneos, como leucemias e outros tumores. As alterações no estado de consciência e a excitação, seguidas de sonolência, estão relacionadas à quantidade absorvida. Alterações na atenção, percepção, memória, habilidade motora, raciocínio lógico, linguagem, aprendizagem e humor são observadas durante os efeitos crônicos da exposição. Também são relatadas alterações dermatológicas, como eritema e dermatite irritativa, além de abortos espontâneos e problemas menstruais (Acuri *et al.*, 2012; Brasil, 2021).

Krishnamurthy *et al.* (2022) estudaram a exposição ao petróleo decorrente do desastre da Deepwater Horizon, o maior derramamento de óleo marinho na história dos Estados Unidos, envolvendo a resposta de dezenas de milhares de trabalhadores de limpeza. Mais de 8.500 funcionários da Guarda Costeira dos EUA foram destacados para responder ao derramamento. Constatou-se que a exposição ao óleo e aos dispersantes de óleo produziu associações que foram significativamente maiores em magnitude para todos os sintomas neurológicos, fornecendo evidências de uma associação transversal entre a exposição ao petróleo cru, seus derivados e resíduos de produção, com sintomas neurológicos agudos, com o calor interagindo sinergicamente.

Em 2019, ocorreu o maior desastre de contaminação marinha por petróleo na história do país, com 5.379,76 toneladas de petróleo cru retiradas das praias por voluntários. Dentre essa quantidade, destacam-se os estados de Alagoas (2.564,58 toneladas) e Pernambuco (1.676,26 toneladas). De acordo com o último relatório do IBAMA, datado de 10/12/2019, após a revisita de algumas localidades, Pernambuco ainda apresentava uma localidade com presença de manchas de petróleo, vinte e uma com vestígios esparsos e trinta e três sem observação de vestígios (Araújo; Ramalho; Melo, 2019; Brasil, 2019; Pena *et al.*, 2020).

A origem do "óleo misterioso" foi confirmada como sendo da rota do Atlântico Sul, com sua composição sendo predominantemente de petróleo cru e combustível de navio, formado principalmente por hidrocarbonetos aromáticos (Reddy *et al.*, 2022).

Os danos desse crime não foram devidamente reparados, sobretudo os danos para os trabalhadores da pesca artesanal, pequenos comerciantes e comunidades que vivem nessas localidades que sofreram as consequências imediatas (Araújo; Ramalho; Melo, 2019). Ainda se aguardam as respostas governamentais para essa condição de exposição de pessoas, comunidades e trabalhadores, principalmente no contexto de cenários prospectivos para a ocorrência de novos desastres com petróleo (Santos *et al.*, 2022).

Milhares de pessoas foram expostas ao petróleo nas praias do Nordeste brasileiro e incentivadas a atuar como voluntárias na limpeza inadequada desse produto, mesmo diante de alertas de instituições públicas que informaram sobre os perigos de contaminação devido à exposição a substâncias químicas perigosas. (Araújo; Ramalho; Melo, 2019; Fundação Oswaldo Cruz, 2019).

Neste artigo, são apresentados os resultados de uma pesquisa cujo objetivo foi descrever o perfil de notificação de casos de intoxicação exógena por petróleo, analisando-o à luz do desastre do derramamento de petróleo nas praias do Nordeste do Brasil, ocorrido em 2019.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo transversal e descritivo, com o objetivo de traçar o perfil das notificações de intoxicação exógena pela exposição ao petróleo, registradas no Sistema de Informação de Notificação de Agravos (Sinan) do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (Datasus).

As variáveis do estudo foram definidas a partir do instrumento de extração (dicionário de dados do Sistema de Notificação de Agravos do Ministério da Saúde), conforme descrito no quadro 1, que corresponde aos campos de preenchimento da ficha de notificação de intoxicação exógena.

Quadro 1 – Variáveis para a descrição de casos de intoxicação exógena por petróleo, Brasil, 2024

Variáveis	Definição
Unidade da federação de notificação	Unidade Federativa onde está localizada a unidade de saúde (ou outra fonte notificadora) que realizou a notificação.
Município de residência	Município onde está localizada a unidade de saúde.
Sexo	Sexo do paciente: masculino; feminino.
Raça-cor	Autodeclaração étnico-racial do paciente: branco, preto, pardo, indígena.
Escolaridade	Série que a pessoa está frequentando ou frequentou, considerando a última série concluída com aprovação ou grau de instrução por ocasião da notificação.
Via de exposição	Corresponde às vias de introdução de agentes químicos no organismo: cutânea, respiratória, digestiva ocular, outra.
Circunstância de exposição	Contexto da exposição: ambiental, acidental, omissa, outra.
Tempo de exposição	Tempo decorrido da exposição: uma hora, dois dias, ignorado, omissa.
Hospitalização	Ocorrência de internação hospitalar: não; sim, ignorado.
Evolução do caso	Desfecho do caso: cura sem sequela, cura com sequela, ignorado.
Tipo de atendimento	Tipo do atendimento realizado: hospitalar, ambulatorial, domiciliar, nenhum, omissa,
Classificação final	Classificação da intoxicação: confirmada, exposição, ignorado, diagnóstico diferencial.
Diagnóstico confirmado	Confirmação de diagnóstico com atribuição conforme Código Internacional de Doenças.
Critério de confirmação	Critério utilizado para confirmação: clínico epidemiológico, clínico, omissa, clínico laboratorial.
Condição de trabalho	Situação de trabalho do indivíduo que sofreu o agravio: voluntário, recruta, estudante, servidor público, omissa, não se aplica.
Exposição considerada acidente de trabalho	Classificação da exposição como acidente de trabalho: sim; não.
Emissão de Comunicação de Acidente de Trabalho	Emissão da Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT): sim, não, omissa, ignorado, não se aplica.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema de Informações de Notificação de Agravos, Ministério da Saúde.

O período de estudo considerado como referência foi de outubro a dezembro de 2019. Essa escolha está relacionada ao período de aparecimento das manchas de petróleo nas praias do Nordeste do Brasil. A fonte dos dados foram as notificações do Sinan, por meio do acesso aos dados disponibilizados no módulo de transferência de arquivos do Datasus. (<https://datasus.saude.gov.br/transferencia-de-arquivos/>).

Utilizaram-se dados secundários de casos notificados/ocorridos exclusivamente no período de outubro a dezembro de 2019, extraídos em 24 de setembro de 2023. Esses dados não continham informações sensíveis, como nome e data de nascimento. Após a coleta, os dados foram filtrados de acordo com o agente tóxico, considerando-se os casos notificados com a denominação “outros” e aqueles com a denominação de petróleo ou óleo cru, incluindo todas as variações de escrita desses

termos. Foram excluídos os casos de tentativa de suicídio pela ingestão de petróleo, por não se caracterizarem como acidente de trabalho nem exposição ambiental voluntária.

A área do estudo foi definida, de forma não probabilística, pelos estados e municípios afetados pelo desastre, conforme dados do Ibama (Brasil, 2019). A justificativa para essa escolha está no fato de essas localidades serem de interesse para o recorte geográfico e na relação com os danos à saúde pública abordados.

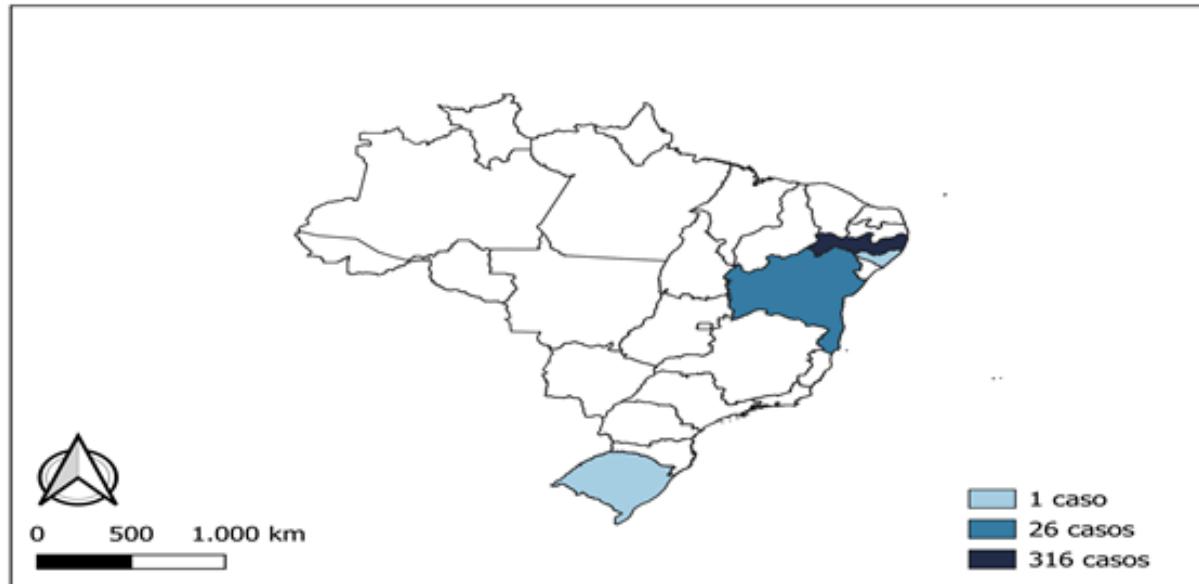
A análise dos dados foi realizada exclusivamente por meio de estatística descritiva, com o cálculo dos valores apresentados nas tabelas. Os cálculos foram executados no software Microsoft Excel 365® e tiveram como objetivo a quantificação e caracterização dos casos, utilizando-se de frequência absoluta e relativa. A distribuição espacial dos casos foi feita a partir da distribuição dos casos por município de residência e município de notificação. Por se tratar de um estudo com dados secundários públicos, não se aplicam as resoluções de ética em pesquisa com seres humanos do Conselho Nacional de Saúde.

RESULTADOS

Foram identificados 343 casos notificados de exposição não intencional às seguintes apresentações: petróleo, petróleo cru, petróleo ou óleo, óleo bruto de petróleo, óleo cru de petróleo, óleo cru ou petróleo, óleo da praia, óleo das praias, óleo de petróleo, óleo desconhecido na praia, óleo desconhecido no mar e óleo petróleo. Esses casos estão predominantemente localizados no estado de Pernambuco, que configura o perfil epidemiológico descrito a seguir:

Na Figura 1, está apresentada a distribuição espacial dos casos de intoxicação exógena. Observa-se que o estado de Pernambuco apresentou o maior percentual de casos ($n = 314$; 91,3%), seguido pelo estado da Bahia ($n = 26$; 7,6%).

Figura 1 – Distribuição espacial dos casos de intoxicação exógena por exposição ao petróleo, segundo unidades da federação, Brasil, 2024



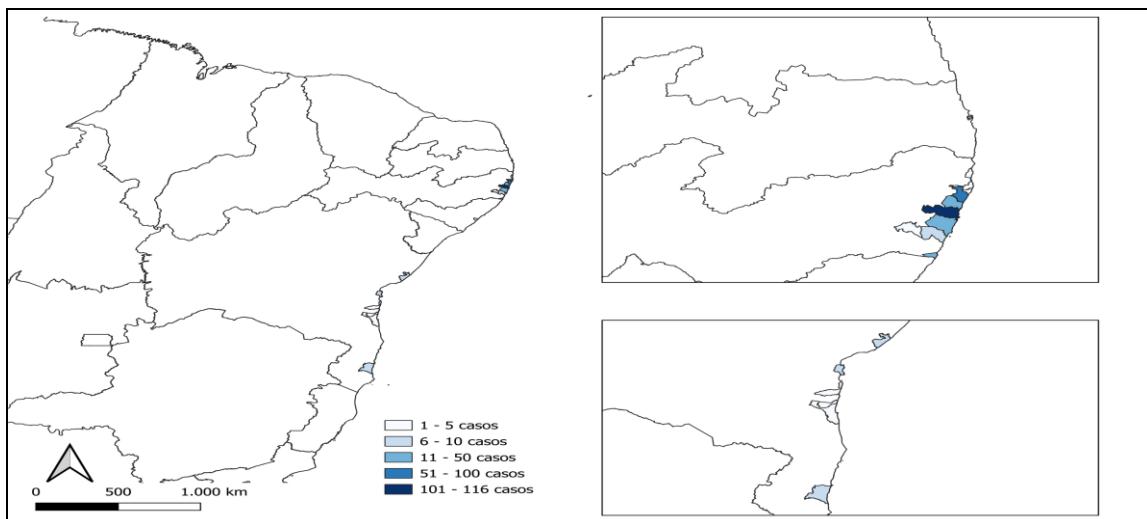
Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema de Informações de Notificação de Agravos, Ministério da Saúde.

Na Figura 2, pode-se verificar a distribuição espacial dos casos por municípios de Pernambuco, onde ocorreu a maior quantidade de petróleo retirada das praias por voluntários e agentes públicos.

O município do Cabo de Santo Agostinho (PE) apresentou o maior número de notificações de casos de intoxicação exógena ($n = 116$; 33,7%), seguido por Recife (PE) ($n = 92$; 26,6%), Jaboatão dos

Guararapes (PE) (n = 46; 13,4%) e São José da Coroa Grande (PE) (n = 33; 9,6%), totalizando 83,3% do total.

Figura2 – Distribuição espacial dos casos de intoxicação exógena por exposição ao petróleo, segundo municípios do estado de Pernambuco, Brasil, 2024



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema de Informações de Notificação de Agravos, Ministério da Saúde.

Na Tabela 1, está apresentada a distribuição dos casos de intoxicação exógena por exposição ao petróleo segundo as variáveis estado de residência, município de residência, sexo, raça/cor e escolaridade. Os resultados demonstram a ocorrência de 343 casos de intoxicações não intencionais, representando 100% das notificações por exposição ao petróleo.

Em relação às categorias sexo, raça/cor e escolaridade, observa-se o predomínio de casos no sexo feminino (n = 189; 54,9%), de raça/cor preta/parda (n = 236; 68,8%), com ensino médio completo (n = 68; 19,8%) e educação superior completa (n = 64; 18,6%). Quanto à escolaridade, ressalta-se que, para a maioria dos casos, essa informação foi ignorada durante o preenchimento.

Em relação à distribuição dos casos segundo as variáveis via de exposição, circunstâncias da exposição, tempo de exposição, hospitalização, evolução do caso e tipo de atendimento (Tabela 2), verifica-se que a via de exposição predominante foi a via cutânea (n = 277; 80,5%), seguida pela via respiratória (n = 53; 15,1%) e digestiva (n = 9; 2,6%). A principal circunstância de exposição foi ambiental (n = 334; 97,1%), seguida pela accidental (n = 3; 0,9%). O tempo de exposição foi de uma hora (n = 235; 54,9%), seguido por dois dias (n = 103; 45,1%). Não houve hospitalização para 280 casos (91,2%). A evolução do caso foi para cura sem sequelas em 310 casos (92,5%). O tipo de atendimento hospitalar ocorreu em 45% dos casos (n = 156), seguido do atendimento ambulatorial (n = 78; 22,7%).

A classificação final de intoxicação exógena por exposição ao petróleo foi confirmada em 94,5% dos casos (n = 325), com diagnóstico de intoxicação por efeito tóxico de derivados do petróleo (n = 215; 62,5%) e efeito tóxico de solvente orgânico não especificado (n = 83; 24,1%). O critério de confirmação da intoxicação foi predominantemente clínico-epidemiológico (n = 295; 85,8%), seguido pelo critério clínico (n = 38; 11%).

Tabela 1 – Distribuição dos casos de intoxicação exógena por exposição ao petróleo, segundo estado de residência, município de residência, sexo, raça-cor e escolaridade, Brasil, 2019

Estado de residência	n.º de casos	%
Pernambuco	314	91,3
Bahia	26	7,6
Alagoas	2	0,6
Rio Grande do Norte	1	0,3
Total	343	100
Município de residência	n.º de casos	%
Cabo de Santo Agostinho, PE	116	33,7
Recife, PE	92	26,7
Jaboatão dos Guararapes, PE	46	13,4
São José da Coroa Grande, PE	33	9,6
Ipojuca, PE	16	4,7
Cairu, BA	9	2,6
Srinhaém, PE	7	2
Camaçari, BA	6	1,7
Prado, BA	6	1,7
Itamaracá, PE	3	0,9
Uruçuca, BA	3	0,9
Paulista, PE	2	0,6
Ribeirão, PE	1	0,3
Roteiro, AL	1	0,3
Ilhéus, BA	1	0,3
Maraú, BA	1	0,3
Total	343	100
Sexo	n.º de casos	%
Feminino	189	55,1
Masculino	154	44,9
Total	343	100
Raça-cor	n.º de casos	%
Branca	64	18,6
Preta/Parda	235	68,6
Amarela	4	1,2
Indígena	5	1,5
Ignorado	36	7,6
Total	343	100
Escolaridade	n.º de casos	%
1ª a 4ª série incompleta do ensino fundamental	5	1,5
4ª série completa do ensino fundamental	1	0,3
5ª à 8ª série incompleta do ensino fundamental	14	4,1
Ensino fundamental completo	6	1,7
Ensino médio incompleto	12	3,5
Ensino médio completo	68	19,8
Educação superior incompleta	47	13,7
Educação superior completa	64	18,6
Ignorado	112	32,7
Não se aplica	14	4,1
Total	343	100

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema de Informações de Notificação de Agravos, Ministério da Saúde.

Tabela 2 – Distribuição dos casos de intoxicação exógena por exposição ao petróleo, segundo as variáveis via circunstâncias, tempo de exposição, hospitalização, evolução do caso, tipo de atendimento, classificação final, diagnóstico confirmado e critério de confirmação, Brasil, 2019

Via de exposição	n.º de casos	%
Cutânea	276	80,5
Respiratória	52	15,1
Digestiva	9	2,6
Ocular	4	1,2
Outra	2	0,6
Total	343	100
Circunstância de exposição	n.º de casos	%
Ambiental	334	97,1
Acidental	5	1,5
Omissos	3	0,9
Outra	1	0,3
Total	343	100
Tempo de exposição	n.º de casos	%
Uma hora	235	68,5
Dois dias	103	30,0
Ignorado	3	0,9
Omissos	2	0,6
Total	343	100
Hospitalização	n.º de casos	%
Não	280	81,6
Sim	25	7,3
Ignorado	38	11,1
Total	343	100
Evolução do caso	n.º de casos	%
Cura sem sequela	310	90,4
Cura com sequela	13	3,8
Ignorado	12	5,8
Total	343	100
Tipo de atendimento	n.º de casos	%
Hospitalar	155	45,2
Nenhum	82	23,9
Ambulatorial	78	22,7
Omissos	23	6,7
Ignorado	4	1,2
Domiciliar	1	0,3
Total	343	100
Classificação final	n.º de casos	%
Intoxicação confirmada	325	94,75
Exposição	11	3,21
Ignorado	6	1,75
Diagnóstico diferencial	1	0,29
Total	343	100
Diagnóstico confirmado – CID 10	n.º de casos	%
T520 - Efeito tóxico de derivados do petróleo.	215	62,7
T52 - Efeito tóxico de solvente orgânico não especificado.	83	24,2
X49 - Envenenamento [intoxicação] acidental por e exposição a outras substâncias químicas nocivas e às não especificadas.	6	1,7
X46 - Envenenamento [intoxicação] acidental por e exposição a solventes orgânicos e hidrocarbonetos halogenados e seus vapores.	4	1,2
Y168 - Envenenamento [intoxicação] por e exposição a solventes orgânicos e hidrocarbonetos halogenados e seus vapores, intenção não determinada.	3	0,9
T529 - Efeito tóxico de solventes orgânicos.	1	0,3
Não preenchido	31	9,3
Total	343	100
Critério de confirmação	n.º de casos	%
Clínico epidemiológico	295	86
Clínico	38	11
Omissos	6	2
Clínico laboratorial	4	1
Total	343	100

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema de Informações de Notificação de Agravos, Ministério da Saúde.

Na Tabela 3, está apresentada a distribuição dos casos de intoxicação, segundo as variáveis condição de trabalho, exposição considerada acidente de trabalho e emissão de comunicação de acidente de trabalho. A condição de trabalho informada como "voluntários" foi de 53% (n = 184), e a informação esteve omissa em 41% (n = 141). A exposição foi enquadrada como acidente de trabalho em 67,2% (n = 231) dos casos, e a emissão de comunicação de acidente de trabalho não se aplicou a 53% (n = 184), seguida de 24,7% de casos em que a informação foi omissa (n = 85).

Tabela 3 – Distribuição dos casos de intoxicação exógena por exposição ao petróleo, segundo as variáveis condição de trabalho, exposição considerada acidente de trabalho e emissão de comunicação de acidente de trabalho, Brasil, 2019

Condição de trabalho	n.º de casos	%
Voluntário	184	53
Omissos	141	41
Recruta	5	1,5
Estudante	3	0,9
Servidor público contratado	3	0,9
Associado	2	0,6
Cargo comissionado	1	0,3
Recruta da marinha	1	0,3
Auxiliar de engenharia	1	0,3
Empregada doméstica	1	0,3
Não se aplica	1	0,3
Total	343	100
Exposição considerada acidente de trabalho	n.º de casos	%
Sim	230	67
Não	95	28
Omissos	15	4
Ignorado	3	1
Total	343	100
Emissão de Comunicação de Acidente de Trabalho	n.º de casos	%
Não se aplica	184	53,6
Omissos	85	24,8
Não	51	14,9
Ignorado	21	6,1
Sim	2	0,6
Total	343	100

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Sistema de Informações de Notificação de Agravos, Ministério da Saúde.

DISCUSSÃO

O perfil demográfico da exposição corresponde aos estados e municípios identificados pelo Ibama como afetados pelo desastre de petróleo de 2019. No estado de Pernambuco, houve uma intensa mobilização para a contenção do petróleo nas praias do litoral sul, onde estão localizados os municípios do Cabo de Santo Agostinho, Recife, Jaboatão dos Guararapes, São José da Coroa Grande e Ipojuca (Brasil, 2019; Fundação Oswaldo Cruz, 2019).

Nessas localidades, a pesca artesanal é uma atividade desenvolvida como forma de subsistência por comunidades de pescadores e marisqueiras. Segundo Araújo, Ramalho e Melo (2019), essa região corresponde a uma área de atividade pesqueira, e essas comunidades sofreram as consequências imediatas da exposição química, além dos danos à segurança alimentar e à comercialização de pescados, afetando também a atividade turística da região. É provável que as pessoas que moram nessa região tenham se envolvido como voluntárias na limpeza dos ecossistemas, pois dela obtêm seus meios de subsistência.

A cidade do Cabo de Santo Agostinho convive com os danos decorrentes da indústria do petróleo desde a implantação do Complexo Industrial e Portuário de Suape, que está em constante conflito com os moradores locais devido aos efeitos dos processos produtivos poluentes, como a refinaria de petróleo, a petroquímica e o tráfego de navios petroleiros, que fazem parte do complexo sistema internacional de transporte de petróleo (Augusto; Silva, 2021; Silva *et al.*, 2013; 2016).

Verifica-se que as mulheres negras/pardas, sem escolaridade de nível superior, foram as pessoas mais expostas ao produto que contaminou as praias. Certamente, elas compuseram a força de voluntários na limpeza das praias, sobretudo porque moram e trabalham nas proximidades das áreas afetadas. O desastre pode ser compreendido como uma ameaça para as comunidades, com prejuízos significativos nos aspectos humanos, socioeconômicos e ambientais. Ressalta-se que essas situações de risco extrapolam a capacidade da comunidade afetada de lidar com a situação de forma eficaz, utilizando meios inadequados para uma atividade perigosa que exige trabalho especializado (Krishnamurthy *et al.*, 2022; Reddy *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2022).

Há uma inter-relação entre o desastre e esses grupos humanos, caracterizados pelo perfil de mulheres negras/pardas, e seus territórios, que são explorados pela cadeia produtiva do petróleo. Essa exploração se materializa na espoliação de grupos vulneráveis, como pescadoras, marisqueiras, quilombolas e outras comunidades, que são expostas a condições adversas e frequentemente expulsas de seus territórios para dar lugar à exploração econômica (Silva; Augusto, 2021; Silva *et al.*, 2013, 2016).

Isso está relacionado à localização geográfica, ou seja, essas comunidades estão situadas próximas a áreas de transporte ou processamento de petróleo e derivados, o que aumenta a probabilidade de vazamentos, derramamentos e poluição, afetando diretamente essas populações, como indicam os achados de Reddy *et al.* (2022).

Há uma previsão de ampliação das atividades petrolíferas na região afetada pelo desastre, com a exploração de poços de petróleo na bacia Alagoa-Sergipe (Figura 3), conforme Gaudêncio (2018) e a Petrobras (2024). Isso representa um aumento nas situações de risco devido à crescente produção de petróleo e gás no ambiente marinho, além da presença de empresas internacionais envolvidas em outros desastres relacionados ao petróleo (Silva; Augusto 2021; Krishnamurthy *et al.*, 2022).

Figura 3 – Bacia Alagoas-Sergipe. Área de exploração de poços de petróleo em águas oceânicas no nordeste do Brasil



Fonte: Sindicato de Petroleiros e Petroleiras de do Rio Grande do Norte.

Os efeitos do desastre não foram adequadamente mensurados, nem os responsáveis foram responsabilizados pela reparação econômica dos danos. Esse é um exemplo do processo de racismo ambiental contra as comunidades, que ficam com os ônus do derramamento e os danos à saúde pela exposição, enquanto a indústria do petróleo permanece ilesa, protegida pelo discurso do desenvolvimento [in]sustentável, conforme Silva e Augusto (2021). O racismo ambiental refere-se à disparidade no acesso a recursos e serviços, resultando em comunidades marginalizadas expostas a altos riscos ambientais e submetidas a condições de vida insatisfatórias (Blackwell, 2003).

Em relação ao perfil de exposição e evolução dos casos, os achados corroboram os estudos de Krishnamurthy *et al.* (2022), as diretrizes do Instituto Nacional do Câncer (Brasil, 2021) e da Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2007) quanto às principais vias de exposição. A maior frequência das vias cutânea e respiratória está relacionada à atividade dos voluntários na limpeza das praias, que utilizaram as mãos e o corpo ao entrarem no mar para retirar o "óleo", como identificado nos estudos de Araújo, Ramalho e Melo (2019) e Pena *et al.* (2020).

As condições de exposição ambiental elevada indicam que os dados se referem à exposição nas praias durante o período da chegada das grandes manchas de óleo. A contaminação humana por exposição ao petróleo ocorre por inalação, ingestão e/ou contato com a pele e as membranas mucosas. O resultado disso são sintomas clínicos imediatos, que variam conforme a quantidade da substância envolvida no contato e o tempo de exposição (Rothman *et al.*, 1997; Laffon; Valdiglesias; Pasáro, 2016).

De modo semelhante, o tempo de exposição, a hospitalização e a evolução do caso estão em consonância com o que se caracteriza como intoxicação exógena aguda, um conjunto de efeitos prejudiciais que se manifestam por meio de alterações clínicas ou laboratoriais, resultantes do desequilíbrio no organismo provocado pela interação do sistema biológico com um ou mais agentes tóxicos (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007; Acuri, 2012; Brasil, 2021).

A hospitalização ocorre devido aos efeitos dos hidrocarbonetos e compostos voláteis, que causam irritação respiratória, dermatológica e ocular, além de doenças respiratórias crônicas e até distúrbios neurológicos (Loomis *et al.*, 2017; Vermeulen *et al.*, 2023).

Deve-se considerar que, em situações de desastres envolvendo petróleo, como o caso em questão, não há nível de exposição seguro. Além disso, há uma associação entre a exposição humana ao petróleo e o desenvolvimento de leucemia mieloide aguda, leucemia linfocítica aguda e crônica, mieloma múltiplo e linfoma não-Hodgkin, conforme demonstrado em estudos controlados no Brasil por Augusto (1991, 1995) e, recentemente, na China por Loomis *et al.* (2017) e Vermeulen *et al.* (2023).

Por isso, os sistemas de vigilância em saúde nos territórios afetados precisam desenvolver a capacidade de acolher, avaliar, intervir e monitorar os indivíduos expostos, considerando a gravidade da exposição química ao petróleo, cujos efeitos são conhecidos e possuem protocolos estabelecidos (Augusto, 1991, 1995; Brasil, 2021, Fiocruz, 2019).

Os profissionais do Sistema Único de Saúde devem compreender a toxicidade associada aos hidrocarbonetos aromáticos e a vigilância epidemiológica necessária para os casos de exposição a produtos químicos perigosos (Acury, 2012; Fundação Oswaldo Cruz, 2019).

Ressalta-se, neste estudo, lacunas no processo de vigilância epidemiológica do agravio, uma vez que se observa um percentual considerável de fichas com falhas no preenchimento, com dados relevantes sendo ignorados, especialmente em campos cruciais para a avaliação de determinantes sociais, como escolaridade e exposição ocupacional.

Embora o Brasil seja um país petrolífero, com predomínio da perfuração marítima costeira, verificou-se um total despreparo para atender situações de derramamento de petróleo no litoral. Além disso, observou-se que o sistema de vigilância epidemiológica para essas situações não está adequado para identificar e registrar os expostos, limitando-se a aceitar a notificação de casos sintomáticos suspeitos ou confirmados de agravos denominados "intoxicações exógenas", sendo a quase totalidade dos registros restrita a situações agudas.

O perfil ocupacional dos expostos revela um surto de intoxicação exógena por exposição ao petróleo nas praias, com a maioria dos casos envolvendo pessoas voluntárias que adoeceram em decorrência

da exposição. Os casos omissos, provavelmente, tiveram essa informação ignorada durante o processo de preenchimento da ficha de investigação.

A maioria dos casos foi classificada como acidente de trabalho, provavelmente porque a ficha de notificação de intoxicação exógena é destinada, principalmente, a casos de exposição ocupacional (Brasil, 2018). Verifica-se que há indícios de que a intoxicação tenha ocorrido em pessoas voluntárias que participaram da contenção do desastre de petróleo. A exposição aguda está relacionada ao processo de retirada das manchas e borras de petróleo das praias. O ideal seria a gestão de riscos para prevenção, mas, no caso do desastre, é crucial que a contenção seja realizada por especialistas, com o devido uso de equipamentos de proteção individual e mínima exposição humana (Laffon *et al.*, 2016), pois, mesmo assim, há ocorrência de sintomas neurológicos, como aponta Krishnamurthy *et al.* (2022).

Embora a atitude de mutirão para minimizar os impactos do desastre ambiental seja elogiável, ela foi inadequada e resultou na exposição a substâncias perigosas, já reconhecidas pela ciência como causadoras de doenças graves associadas à exposição aos derivados do petróleo. Cabe questionar que ações a União e os estados estabeleceram para fornecer aos municípios as condições necessárias para monitorar a saúde dos expostos e garantir a devida reparação dos danos (Fundação Oswaldo Cruz, 2019).

Os municípios devem adotar medidas de prevenção para situações de desastres típicos da cadeia produtiva do petróleo, que é a matriz energética mais poluente, com potencial para causar intoxicação marinha, incluindo asfixia devido à imersão no óleo. Além disso, devem ser considerados os prejuízos às atividades turísticas e pesqueiras, decorrentes da contaminação dos produtos na cadeia alimentar (Araújo; Ramalho; Melo, 2019; Reddy *et al.*, 2022; Tormohlen; Tekulve; Nañagas, 2014).

Os processos de desenvolvimento da sociedade moderna são historicamente fundamentados na extração e consumo indiscriminado de recursos naturais, com o objetivo de promover o crescimento econômico e a acumulação de capital, muitas vezes à custa da exploração da força de trabalho e da degradação ambiental. Nesse contexto, a preocupação com a promoção de um desenvolvimento sustentável, que busque integrar e equilibrar o crescimento econômico com o bem-estar social e a garantia da qualidade ambiental, tende a ser minimizada (Silva; Augusto 2021).

Ao longo da história, os derramamentos e desastres ambientais causados pelo petróleo resultaram em prejuízos sociais e ambientais incomensuráveis. Durante a ocorrência desses eventos, a principal preocupação reside nos impactos sobre o meio ambiente e a saúde das pessoas, já que o petróleo contém concentrações significativas de substâncias altamente nocivas, conforme Santos *et al.* (2022).

Corrobora-se com Pena *et al.* (2020) ao considerar que o desastre do petróleo nas praias do nordeste do Brasil representou uma emergência em saúde pública. Concorda-se com Araújo, Ramalho e Melo (2019) ao afirmar que se tratou de uma catástrofe extremamente grave para o meio ambiente, e com a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz, 2019), que, por meio do Laboratório de Saúde, Ambiente e Trabalho, propôs que as pessoas que tiveram contato com o petróleo sejam monitoradas. Isso se justifica principalmente pelo fato de o petróleo ser composto por substâncias carcinogênicas, que, seja por inalação, ingestão ou contato direto, podem causar alterações neurológicas, hepáticas, renais, dermatológicas, pulmonares e hematológicas (como leucemias), e até mesmo levar ao óbito.

CONCLUSÃO

Verificou-se a ocorrência de 343 casos de notificação de intoxicação exógena por petróleo, sendo o estado de Pernambuco o de maior incidência de casos, seguido pelo estado da Bahia. A partir desses casos, foi possível traçar um perfil epidemiológico caracterizado pela exposição de pessoas voluntárias, predominantemente de raça/cor preta ou parda, na sua maioria com escolaridade inferior ao ensino médio. A via principal de exposição foi a cutânea, em circunstâncias ambientais, com duração de uma hora. A maioria dos casos recebeu atendimento hospitalar, sendo confirmada a intoxicação por efeitos tóxicos derivados do petróleo, com evolução para a cura sem sequelas.

Observou-se uma elevada omissão quanto às condições de trabalho e à emissão da Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT), o que entra em contraste com a alta referência à exposição considerada como acidente de trabalho.

Infere-se que a mobilização para a limpeza das praias pode ter envolvido trabalhadores informais ou voluntários liberados por suas empresas, especialmente do setor de turismo e hotelaria. Como

hipóteses para novas pesquisas, destaca-se a ausência de ações de acompanhamento e assistência à saúde dos expostos. Além disso, os sistemas de vigilância em saúde carecem de aperfeiçoamento para atuar em contextos de desastres de petróleo, a fim de identificar concentrações de produtos químicos no ar, na água, no solo e nos alimentos. Há uma necessidade urgente de investimento em pesquisas epidemiológicas para avaliar os efeitos da exposição na saúde da população afetada por derramamentos de petróleo.

Este estudo não pretendeu esgotar as possibilidades de compreensão do fenômeno em questão. Portanto, são necessários outros estudos sobre os efeitos a longo prazo da exposição, com o devido monitoramento das pessoas expostas ao derramamento de petróleo, pois trata-se de uma exposição com potencial para repercussões crônicas.

Por ser uma análise descritiva, o método se limita a relatar a frequência dos casos de intoxicação exógena, sem aprofundamentos analíticos. Existe um viés de qualidade nos dados devido à subnotificação dos casos e à incompletude das fichas de notificação, com dados omissos. Dessa forma, é recomendada a realização de pesquisas qualitativas, como entrevistas aprofundadas, grupos focais e outros métodos.

Por fim, este artigo contribui como uma linha de base epidemiológica sobre a exposição das pessoas no caso do desastre de petróleo de 2019, destacando a relevância da produção de dados epidemiológicos para a proteção e cuidado da saúde coletiva. É fundamental que estados e municípios adotem medidas de proteção à saúde para lidar com cenários prospectivos de desastres de petróleo no Brasil.

REFERÊNCIAS

ACURI, A. S. S. et al. **Efeitos da exposição ao benzeno para a saúde**. São Paulo: Fundacentro, 2012. (Série benzeno, 1). Disponível em:

https://renastonline.ensp.fiocruz.br/sites/default/files/arquivos/recursos/Efeitos_do_Benzeno.pdf.

Acesso em: 16 jul. 2024.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. 2007. **Priority list of hazardous substances**. Atlanta: ATSDR, 2007. Disponível em:

<https://www.atsdr.cdc.gov/spl/previous/07list.html>. Acesso em: 16 jul. 2024.

ARAÚJO, M. E.; RAMALHO, C. W. N.; MELO, P. W. Artisanal fishers, consumers and the environment: immediate consequences of the oil spill in Pernambuco, Northeast Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 36, n.1,e00230319, 2020. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00230319>

AUGUSTO, L. G. S. **Estudo longitudinal e morfológico (medula óssea) em pacientes com neutropenia secundária à exposição ocupacional crônica ao benzeno**. 1991. 199f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas, Campinas, SP, 1991. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/36511>. Acesso em: 16 jul. 2024.

AUGUSTO, L. G. S. **Exposição ocupacional e organoclorados em indústria química de Cubatão - Estado de São Paulo**: avaliação do efeito clastogênico pelo teste de Micronúcleos. 1995. 192f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Medicas, Campinas, SP. 1995. Disponível em: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1353199>. Acesso em: 16 jul. 2024.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Intoxicação exógena instruções para preenchimento ficha de investigação – Sinan NET. 2018. Disponível em:
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/intoxicacao_exogena_sinan.pdf. Acesso em: 14 jun. 2024.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Localidades afetadas. 2019. Disponível em:
http://www.ibama.gov.br/phocadownload/emergenciasambientais/2019/manchasdeoleo/2019-11-24_LOCALIDADES_AFETADAS.pdf. Acesso em: 15 jun. 20204.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Ambiente, trabalho e câncer**: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios. Rio de Janeiro: INCA, 2021. 290p. Disponível em:

https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//ambiente_trabalho_e_cancer_-aspectos_epidemiologicos_toxicologicos_e_regulatorios.pdf. Acesso em: 16 jul. 2024.

DEWI, R. et al. Genetic, epigenetic, and lineage-directed mechanisms in benzene-induced malignancies and hematotoxicity targeting hematopoietic stem cells niche. *Human & Experimental Toxicology*, v.39, n. 5, p. 577–595, 2020. <https://doi.org/10.1177/0960327119895570>

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Instituto Aggeu Magalhães. Laboratório de Saúde, Ambiente e Trabalho. **Carta aberta pela declaração de estado de emergência em Saúde Pública diante os perigos da exposição ao óleo de Petróleo nas praias nordestinas e para o desenvolvimento de ações de vigilância popular e cuidado em Saúde**. 2019. Disponível em: <https://racismoambiental.net.br/2019/10/29/carta-aberta-pela-declaracao-de-estado-de-emergencia-em-saude-publica/>. Acesso em: 15 jun. 2024.

GAUDENCIO, L. M. A. L. **Sistema de indicadores de sustentabilidade para unidades de produção de petróleo e gás offshore**. 2018. 175f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2018. Disponível em: <https://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/3257>. Acesso em: 16 jul. 2024.

GLOVER BLACKWELL, A. **Environmental justice and the racialized city**. Philadelphia: Urban Affairs Review, 2003.

KRISHNAMURTHY, J. et al. Neurological symptoms associated with oil spill response exposures: results from the Deepwater Horizon Oil Spill Coast Guard Cohort Study. *Environment International*, v. 131, [s/n], 104963, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104963>

LAFFON, B.; VALDIGLESIAS, V.; PASÁRO, E. Effects of Exposure to Oil Spills on Human Health: Updated Review Article. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, v. 19, n. 03, n. 1-24, 2016. <https://doi.org/10.1080/10937404.2016.1168730>

LOOMIS, D. et al. Carcinogenicity of benzene. *Lancet Oncology*, v.18, n.12, p.1574–1575, 2017. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(17\)30832-X](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(17)30832-X).

PENA, P. G. L. et al. The crude oil spill on the Brazilian coast in 2019: the question of public health emergency. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 2, e00231019, 2020. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(17\)30832-X](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(17)30832-X)

PETROBRÁS. **Bacia Sergipe-Alagoas**: conheça as oportunidades, características e desafios dessa nova fronteira. 2024. Disponível em: <https://nossaenergia.petrobras.com.br/w/nossas-atividades/bacia-sergipe-alagoas-conheca-as-oportunidades>. Acesso em: 15 jun. 2024.

REDDY, C. M. et al. Synergy of Analytical Approaches Enables a Robust Assessment of the Brazil Mystery Oil Spill. *Energy & Fuels*, v. 36, n. 22, p. 13688-13704, 2022. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.2c00656>

ROTHMAN, N. et al. Benzene poisoning, a risk factor for hematological malignancy, is associated with the NQO1 609C→T mutation and rapid fractional excretion of chlorzoxazone. *Cancer Research*, v. 57, n. 14, p. 2839–2842, 1997. Disponível em: <https://aacrjournals.org/cancerres/article/57/14/2839/503423/Benzene-Poisoning-a-Risk-Factor-for-Hematological>. Acesso em: 16 jul. 2024.

SANTOS, R. C. et al. Oil disasters and government actions in the face of social, environmental, and health-related impacts: a scoping review. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 46, n. especial 8, p. 201-220, 2022. <https://doi.org/10.1590/0103-11042022e815i>

SILVA, J. M.; AUGUSTO, L. G. S. **Petróleo e Desenvolvimento Humano Sustentável**: a saúde no licenciamento de refíarias de petróleo no Brasil. Jundiaí: Paco Editorial, 2021. <https://doi.org/10.18316/sdh.v9i1.7236>

SILVA, J. M. et al. Sustainable development and workers' health in the environmental impact assessment on oil refineries in Brazil. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v.22, n.3, p.687-700, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902013000300004>

SILVA, J. M. et al. Implicações bioéticas para o licenciamento ambiental de grandes empreendimentos no Brasil. **Saúde e Sociedade**, v. 26, n.3, p.811-821, 2017. <https://doi.org/10.1590/s0104-12902017170185>

SILVA, J. M.; GURGEL, I. G. D. Saúde, ecologia de saberes e estudos de impactos ambientais de refinarias no Brasil. **Interface**, Botucatu, v. 20, N. 56, p.111-122, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-57622014.0544>

THOMAS, R. *et al.* Characterization of Changes in Gene Expression and Biochemical Pathways at Low Levels of Benzene Exposure. **PLoS ONE**, v. 9, n.5: e91828., 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091828>

TORMOHLLEN, L. M.; TEKULVE, K. J.; NAÑAGAS, K. A. Hydrocarbon Toxicity: A Review. **Clinical Toxicology**, v. 52, n. 05, p. 479–489, 2014. <https://doi.org/10.3109/15563650.2014.923904>

VERMEULEN, R. *et al.* Nonlinear low dose hematotoxicity of benzene; a pooled analyses of two studies among Chinese exposed workers. **Environment International**, v. 177, 108007, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108007>