

Estado da arte dos eixos; 5: tecnologias

Marcela Maciel de Araújo

*Palestra apresentada WORKSHOP REDE ÓLEOMAR VÉDO
CONFERÊNCIA, 1., 2023. (on-line). 16 slides.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO**

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

www.ipt.br



OLEOMAR



INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS



1º WORKSHOP

Rede ÓleoMar

Vídeo conferencia

11 a 12 de dezembro/2023
Das 17 as 19h

Estado da Arte dos Eixos:

- 1. Modelagem**
- 2. Biogeoquímica**
- 3. Ecotoxicologia**
- 4. Integridade Ecológica**
- 5. Tecnologias**
- 6. Gestão de Riscos**

Coord: Dra. Elisabete de Santis Braga



OLEOMAR



INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS



1º WORKSHOP

Rede ÓleoMar

Vídeo conferencia

11 a 12 de dezembro/2023
Das 17 as 19h

Estado da Arte dos Eixos:

1. *Modelagem*
2. *Biogeoquímica*
3. *Ecotoxicologia*
4. *Integridade Ecológica*
- 5. *Tecnologias***
6. *Gestão de Riscos*

Marcela Maciel de Araújo - IPT

INTRODUÇÃO

EIXO- 5- GEOTECNOLOGIA E TECNOLOGIAS DE PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO

- 1) Avaliação tecnológica e logística da aplicação de robôs submarinos, como ROVs (Veículos Operados Remotamente) ou AUVs (Veículos Submarinos Autônomos), no monitoramento e mapeamento das manchas de óleos no oceano durante as diferentes fases do derramamento, em situações que necessitam de uma resposta rápida;
- 2) (2.1) Identificar alterações ambientais a partir de registros feitos em alta resolução (espacial e temporal); (2.2) Estimar a distribuição das manchas na área de estudo.
- Identificação da (s) melhor (es) técnica (s) de detecção simples e rápida e de coleta, de menor custo a serem aplicadas pela comunidade e pelos órgãos ambientais, no caso de acidentes com derramamento de óleo, levando em consideração eventuais intemperismo do óleo;
- 3) (3.1) Avaliar técnicas de remediação (desmobilização) para áreas atingidas pelo óleo, incluindo biorremediação e atenuação natural; (3.2) Estudar métodos para tomada de decisão das alternativas de mitigação e remediação (desmobilização) que sejam menos invasivas e com um menor custo;
- 4) Avaliar as condições de vulnerabilidade e hidrodinâmica de cada sistema para realizar estudos de viabilidade da utilização de barreiras físicas que permitam reter e coletar o óleo derramado de modo a orientar o uso deste tipo de protetor em casos emergenciais de outros derramamentos e em regiões com características similares (costa e oceanos aberto).

1. Apresentar as possibilidades tecnológicas do uso de ROVs e AUVs para o monitoramento e mapeamento de dispersão e deslocamento em casos de acidente com petróleo.

2. Estudar a dispersão já ocorrida com dados existentes e a modelagem proposta. Indicar as melhores técnicas a serem aplicadas e considerar os custos estimados.

3. Considerar informações sobre o intemperismo do óleo (se possível fazer testes ou se necessário) (IPT e Poli) Geotectônica e Geotecnologia (IPT-Lapis, Poli-IGc)

4. Recomendações técnicas para desmobilização, remediação.. (todos)

5. Vulnerabilidade, hidrodinâmica – técnicas para ações emergenciais (IPT – Poli) (todos)

Sumário

- **Características dos óleos/resíduos de derramamento de óleo/petróleo, transporte, degradação e distribuição**
- **Detecção e mapeamento de óleo afundado/submerso**
- **Fatores que influenciam a tomada de decisão no processo de limpeza/remediação**
- **Respostas**
- **Estratégia de pesquisa a ser adotada**

Estado da Arte

Características dos óleos/resíduos de derramamento de óleo/petróleo, transporte, degradação e distribuição

- Podem variar em tamanho de milímetros em diâmetro (bolas) até vários metros de comprimento e largura (tapetes);
- Podem permanecer no ambiente oceânico indefinidamente, decompondo-se ou sendo soterrado no fundo do mar. Contudo, em muitos casos, são transportados para terra através de correntes e ondas, onde representam uma preocupação para as atividades recreativas costeiras, os frutos do mar indústria e pode ter efeitos negativos sobre a vida selvagem;
- Gerados por produtos naturais e lançamentos antropogênicos de petróleo no ambiente oceânico e são formados depois que o petróleo líquido é transformado por intemperismo, sedimentação e outros processos;
- As fontes antropogênicas de petróleo marinho incluem emissões provenientes da exploração, consumo e transporte de petróleo, enquanto as infiltrações naturais de petróleo no fundo do mar constituem uma fonte crônica de poluição por petróleo;

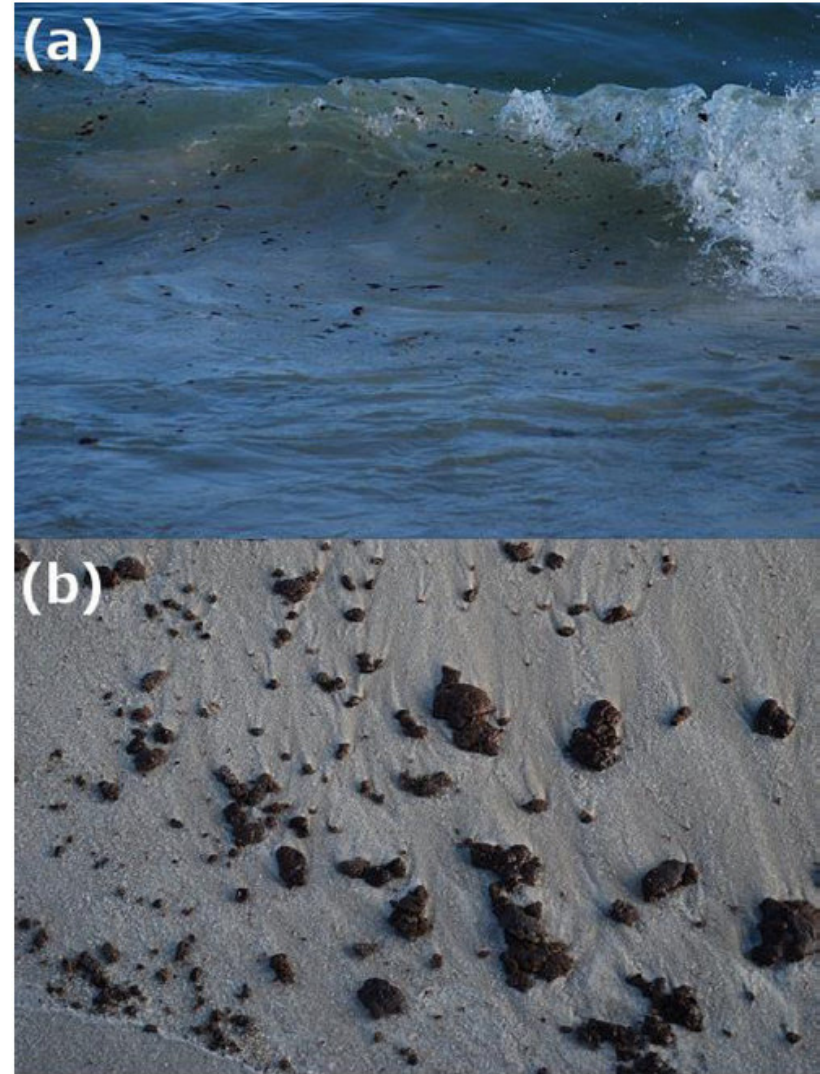


Figura 1 – a) Bolas de resíduos flutuantes/pelágica; b) hambúrgueres de resíduos

Fonte: Warnock, et al. 2014

Estado da Arte

Características dos óleos/resíduos de derramamento de óleo/petróleo, transporte, degradação e distribuição

- Óleo afundado: derramado que apresenta flutuabilidade negativa e afundam no mar.
 - Flutuabilidade negativa: devida a alta densidade, ao intemperismo ou outros processos, aderência de sedimentos ou areias
 - Em correntes baixas pode se acumular em depressões de fundo do mar
- Óleo submerso: derramado que apresenta flutuabilidade neutra e que são submerso intermitentemente abaixo da superfície do mar
 - Não podem ser detectados de forma fiável por meios de detecção móvel ou remota de vigilância, aeronaves ou observadores em navios
 - Também são chamados de “lavados demais”
- Características principais:
 - Viscosidade
 - Densidade
 - Perda evaporativa (perda de voláteis aumenta a densidade)
 - Tensão superficial
 - Ponto de fluidez

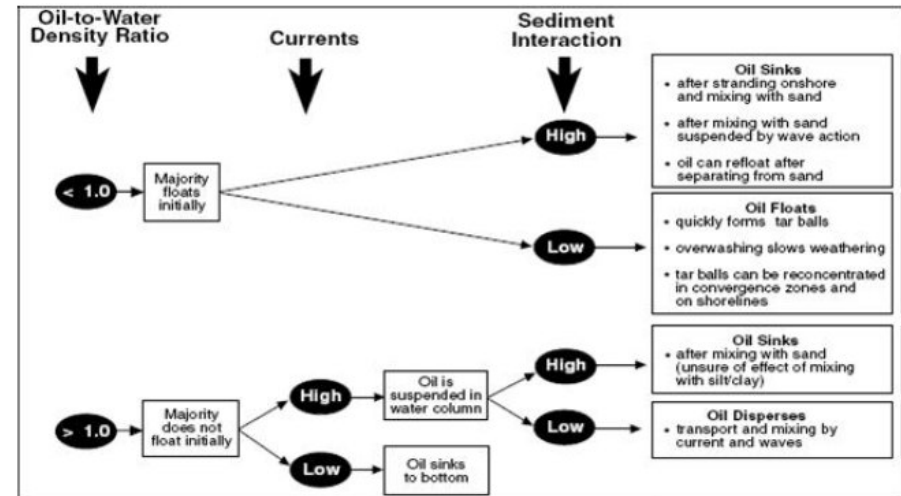


Figure 1: Summary of behaviour of sunken or submerged oils (National Research Council, 1999)

Fonte: International Maritime Organization, 2017

- Emulsão
- Interações sedimento/areia
- Dissolução
- Espalhamento
- Oxidação
- Advecção

Estado da Arte

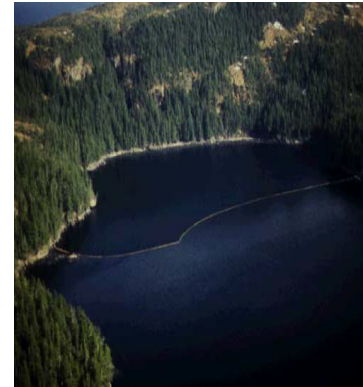
Características dos óleos/resíduos de derramamento de óleo/petróleo, transporte, degradação e distribuição

- óleos mais pesados com viscosidades mais altas formam emulsões mais rapidamente do que os de baixa viscosidade/baixa densidade óleos e que essas emulsões também são mais estáveis (Payne 1982). Como a viscosidade é uma função da temperatura, temperaturas mais baixas também estão correlacionadas com mais emulsões estáveis;
- Estudos de distribuição e prevalência encontrados foram mais voltados para os flutuantes (observações visuais, coleta com redes) e fotografias aéreas para resíduo encalhado;
- Ventos contribuem para depósitos de resíduo no fundo;
- Há considerações de amostragem a serem tomadas em consideração na interpretação dos seus resultados quantitativos (Eagle et al. 1979; Golik 1982);
- A resolução da amostragem temporal é importante nesses estudos porque a dinâmica dos oceanos desempenha um papel importante na transporte.

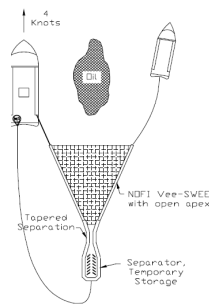
Estado da Arte

Características dos óleos/resíduos de derramamento de óleo/petróleo, transporte, degradação e distribuição

- Eventos extremos (tempestades em invernos/verões, furacões, etc.);
- Persistência e degradação: três processos contribuem para a redução do óleo de ambiente marinho - combustão, biodegradação, e remoção física;
- Tempo de residência
- Remoção do submerso: contenção, queima, reconhecimento aéreo, skimmers) não são úteis; mergulhadores e dragagens, barcos com redes
- Respostas rápidas: soluções para óleos superficiais



Suction skimmer.



Application of sorbents.

Estado da Arte

Detecção e mapeamento de óleo afundado/submerso

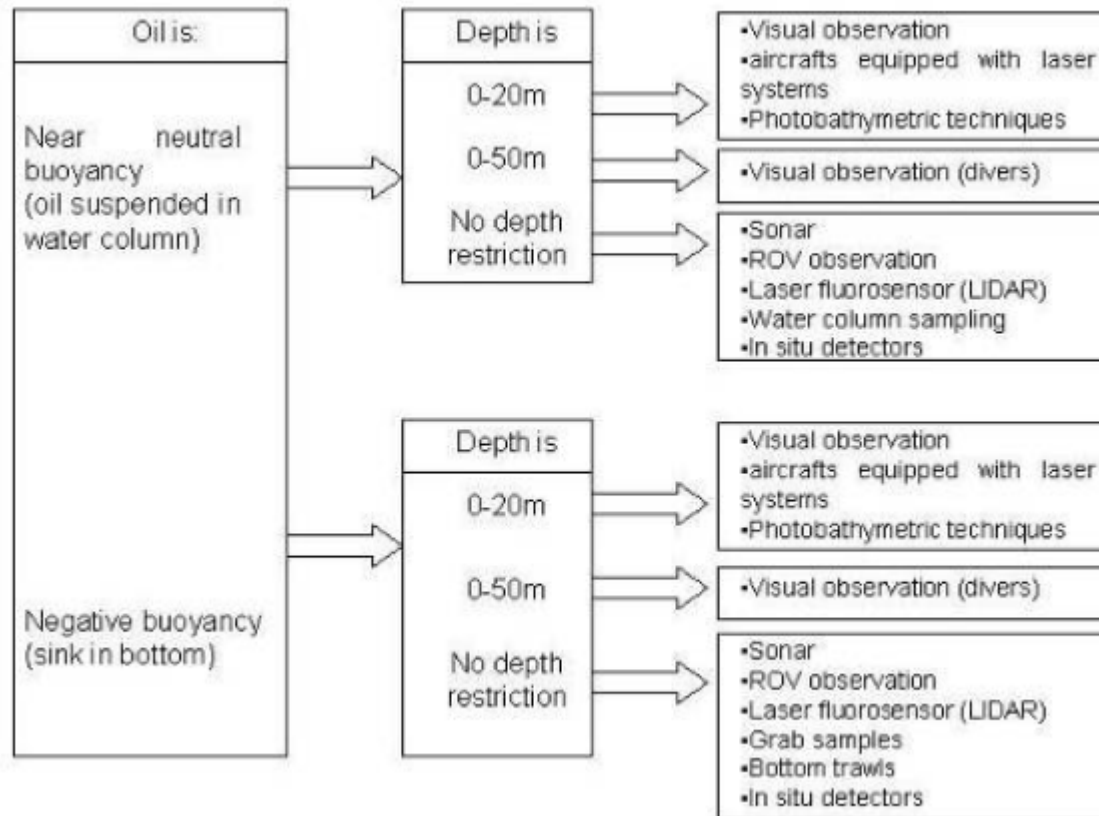


Figure 13. Remote and diver operated survey equipment (Photo credits: NOAA)



Figure 15. Submerged Oil Recovery System (SORS) and Crab pot oil detectors (Photo credit: NOAA)



Figure 16. Chain V-SORS (Photo credit: US Coastguard and Coastal Response Research Center 2007)

Imagens de satélite -

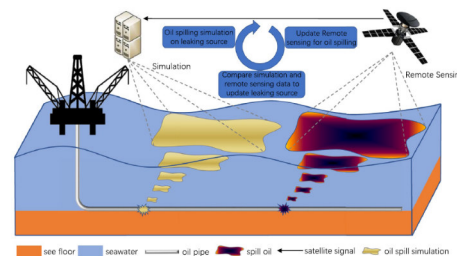


Figure 1. Illustration on remote sensing helped offshore oil spill monitoring and detection in offshore petroleum CPS based emerging service.

Estado da Arte

Fatores que influenciam a tomada de decisão no processo de limpeza/remediação

- Tipo de óleo derramado (óleo mais leve, evapora e degrada mais rapidamente, não tendem a depositar na área costeira; óleo mais pesado muito difíceis de remover, necessitam de uma limpeza mais agressiva, bolas e mousse)
- Geologia da costa e taxa de fluxo de água
- Tipo e sensibilidade das comunidades biológicas que provavelmente podem ser afetadas

Exemplos de tecnologias:

- Biodegradação e biorremediação;
- Métodos físicos: Limpeza com materiais absorventes; Lavagem sob pressão; e Juntar ou demolir
- Limpeza não é completa até que todos os resíduos sejam descartados corretamente (reutilização e recuperação)

Estado da Arte

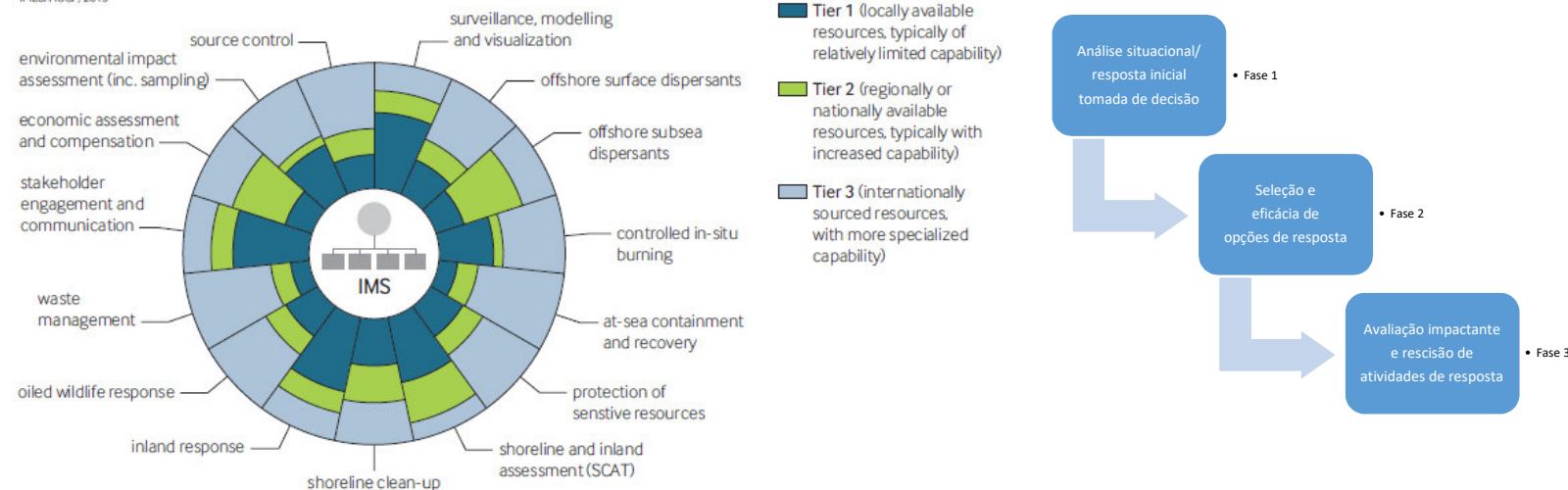
Respostas

- Nível de resposta
 - garantir a segurança e a saúde dos socorristas e do público;
 - confirmar e caracterizar a origem do derramamento de óleo;
 - compreender a situação, o destino e a trajetória do petróleo;
 - levantar dados de baseline e de referência (background);
 - avaliar a viabilidade das opções de resposta;
 - avaliar a eficácia da resposta das técnicas selecionada;
 - determinar a extensão e a gravidade dos problemas ecológicos e impactos económicos nos recursos afetados;
 - monitorar a recuperação dos recursos afetados e determinar atividades de restauração apropriadas; e
 - preparação para possíveis reclamações ou avaliações de danos terceiros.



Figure 1 The tiered preparedness and response model

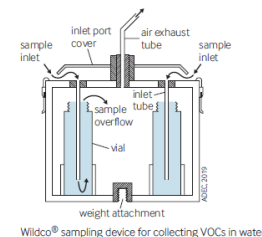
IPIECA-IOPG, 2015



Estado da Arte

Respostas

- Monitoramento
 - Envolve técnicas qualitativas e quantitativas
 - Técnicas de vigilância devem fornecer dados situacionais que informam operações de resposta nos primeiros dias de um derramamento e como está a eficácia da resposta
- *satélites* (usando técnicas de infravermelho, ópticas e radar);
- *veículos subaquáticos não tripulados* (UUVs), incluindo veículos subaquáticos autônomos (AUVs) (por exemplo, planadores) e veículos operados remotamente (ROVs);
- *embarcações de superfície não tripuladas* (USVs), incluindo veículos autônomos de superfície (ASVs) (por exemplo, Auto Naut, planadores de ondas);
- embarcações de superfície tripuladas (usando técnicas que incluem ópticas, radar, fotografia e vídeo, e treinamento de observadores);
- boias, rastreadores e sistemas montados (por ex. instrumentos montados em plataformas ou ancorados independentemente);
- observadores em terra (usando observadores treinados, fotografia e vídeo);
- plataformas aéreas, como aeronaves de asa fixa e helicópteros (usando técnicas incluindo treinamento observadores, vigilância óptica e radar, fotografia e vídeo);
- veículos aéreos não tripulados (UAVs) (usando sistemas ópticos e técnicas de radar); e
- sistemas de balões (usando técnicas infravermelhas)



Estado da Arte

Respostas

Advantages	Disadvantages
<i>Side-scan sonar – detection of oil pooled on the bottom</i>	
- Good spatial coverage - Not affected by poor visibility - Good visualization of large oil accumulations and other bottom features (e.g., debris piles, pipelines)	- Could not detect oil but did detect the trench that contained the pooled oil - Once the oil spread out, had reduced success at oil identification - Slow turnaround (days) for useful product - Need validation of targets as oil - Limited by sea conditions
<i>Sorbent drops and sediment cores – detection of oil on the bottom</i>	
- Results can be used immediately to revise search areas - Low tech	- Not effective for mobile oil in the water column, and there was little to no pooled oil on the bottom - Very slow and labour intensive - Rough water conditions often restricted vessel operations - Could not safely work in active vessel traffic lanes
<i>Snare samplers – detection of oil in the water column</i>	
- Effective at detecting oil at various depths in the water column - Time-series data very useful to track trends	- Time and labour intensive for deployment, inspection, and replacement - High loss rates - Potential for inconsistent application of visual oil descriptors among teams - No calibration of the efficacy of sampling and it might change over time - Could not be deployed in active vessel traffic lanes
<i>V-SORS (Heavy) – detection and recovery of submerged oil</i>	
- Could be towed at up to 5 kt, though usually 3- 4 kt, thus able to cover a large distance - Area swept is about 2.5 m - Confident that it maintains bottom contact - Can vary the length of the trawl to refine spatial extent, to some degree - Good positioning capability with onboard GPS	- Requires larger vessel with crane or A-frame and pulley to deploy/retrieve - Lots of concern about pipeline snagging - Cannot determine where along the trawl the oil occurred; No calibration with actual amount of oil on bottom - Longer transects because of handling difficulty
<i>V-SORS (Light) – detection and recovery of submerged oil</i>	
- Manually deployed so can be deployed using smaller boats - Can have very short trawls, if needed - Can conduct continuous surveys without stopping, towed at 2-3 kt	- Narrow swath so less information on patchy oil - Concerns about it losing contact with the bottom with wave action - Cannot determine where along the trawl the oil occurred; No calibration with actual amount of oil on bottom
<i>Sorbent barrier/fence – to protect water intakes and recover suspended oil released during recovery</i>	
- Can be easily fabricated to meet site-specific conditions	- Never tested - Inadequate engineering design to assure that it would function properly
<i>Diver-directed pumping – oil recovery from the bottom</i>	
- Divers are able to selectively pump oil and minimize sediment recovery - Small amount of pooled oil to recover - Able to modify pump system to overcome problems quickly - Can target individual oil patches - Minimal risk of re-suspension of the oil during recovery	- Creates large volumes of water for treatment/disposal under best conditions - Requires experienced divers and support team - For offshore work, complex logistics to support dive team and there were many weather delays - Difficult to re-position work platform over oil - Slow recovery rate; mobile oil kept spreading
<i>RoxAnn™ seabed classification system – detection of oil on the bottom</i>	
- Signal is interpreted rather than having to visually interpret it	- Narrow swath (1-2 m) - Needs confirmation of interpretations - Less accuracy in muddy substrates
<i>Remotely operated underwater video – detection of oil on the bottom</i>	
- Provides a record for review by others - Could be directed to fly the edge of large accumulations to estimate area/volume - Can vary the height above the seafloor to improve visibility/coverage - Provides more quantitative estimates of frequency and size of oil accumulations, esp. useful to calibrate V-SORS data (never done)	- Small survey swath (1 m) because of low visibility - Use system with umbilical tether; operator would fly a search pattern around the boat, so no exact position of the video image available - Frequent down days because of poor visibility

Pesquisa e desenvolvimento:

estudos laboratoriais/tanques da

interação óleo/sedimento

Modelagens

técnicas de detecção (sensores

WHOI – espectrômetro de massas subaquático)

SAIC – sistema de varredura de linha

a laser modificado

sonar

analisador do tamanho de partículas

Sensor fluorométrico

Sensor fluorado a laser

Lidar

Sub bottom profiler (SBP)

dispositivos de recuperação (draga

submersível)

Respostas

Contenção de óleos afundados e submersos

bombas pneumáticas, **barreiras**, cortinas de lodo (durante a dragagem)

trincheiras

A única contenção bem sucedida de petróleo no fundo do mar ocorreu naturalmente, onde o petróleo foi acumulado em zonas de baixo fluxo, existindo depressões por conta própria.

Análise de benefícios ambientais para cada estratégia e alternativa em cada local.

Gerenciamento de dados



Estratégia a ser adotada

Levantar e compilar as referencias bibliográficas sobre tecnologias de detecção, monitoramento e ações de mitigação; amostragens/monitoramento, ações de resposta e fragilidades (incluindo agências reguladoras e organizações internacionais);

Avaliação da eficácia das estratégias de resposta utilizadas no Brasil;

Busca de tecnologias para monitoramento (amostragem e detecção) para resposta rápida, in situ e/ou em tempo real;

Ensaio laboratoriais para validação dos métodos – verificar infra e disponibilidade (poderá ir como recomendações);

Avaliação da viabilidade técnica, econômica e ambiental (aceitabilidade);

Avaliar instrumentos para tomada de decisão sobre localização das amostragens (áreas para background);

Avaliar instrumentos para definir os objetivos do monitoramento (o tipo de dados ou informações a serem adquiridos e se é necessário coletar amostras, a distribuição das estações de amostragem e o tipo, número e volume de amostras a serem colhidas em cada estação, a frequência da amostragem, o tipo de análise e o calendário viável);

Publicações.

Referências

- USEPA. Understanding Oil Spills And Oil Spill Response. Dec. 1999.
- WARNOCK, A. HAGEN, S.C., PASSERI, D.L. Marine Tar Resíduos: a Review. Water Air Soil Pollut (2015).
- International Maritime Organization. Operational guidelines on sunken and submerged oil assessment and removal techniques. 2016^a ed., 2017.
- HOOK, S. BATLEY, G., HOLLOWAY, M., IRVING, P., ROSS, A. Oil spill monitoring handbook. CSIRO Publishing, Clayton South, 2017.
- ZHU, G. Oil Spill Environmental Risk Assessment and Mapping in Coastal China Using Automatic Identification System (AIS) Data. Sustainability 2022, 14, p. 5837
- SOARES et al. Deja vu: New oil spill poses cumulative risks to protected coastal environments in the South Atlantic. Marine Policy, 2023.
- BRASIL. Plano Nacional de Contingencia. Ministério de Minas e Energia, abr. 2012.
- Part, et al. Oil Spill Detection Using Fluorometric Sensors: Laboratory Validation and Implementation to a FerryBox and a Moored SmartBuoy. Frontiers in Marine Science, nov. 2021.
- ZHANG, K. et al. Periodically spilled-oil input as a trigger to stimulate the development of hydrocarbondegrading consortia in a beach ecosystem. Scientific Reports, sept. 2017.
- International Tanker Owners Pollution Federation Ltd (ITOPF). Sampling and monitoring of marine oil spills. Technical Information Paper. Disponível em: <https://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/tip-14-sampling-and-monitoring-of-marine-oil-spills/> Acesso em 10 nov. 2023.
- WANG, Y. et al. Cyber-physical oil spill monitoring and detection for offshore petroleum risk management servisse. Scientific Reports, 2023