



MARINHA DO BRASIL  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE NÁUTICA - APNT



**JAYME DE MOURA MACHADO FILHO**



## **OPERAÇÕES DE RECOLHIMENTO DE ÓLEO DERRAMADO NO MAR**

RIO DE JANEIRO  
2013

**JAYME DE MOURA MACHADO FILHO**

**OPERAÇÕES DE RECOLHIMENTO DE ÓLEO DERRAMADO NO MAR**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para a conclusão Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica - APNT, ministrado no Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

**Orientador:** Hermann Regazzi Gerke

Rio de Janeiro  
2013

**JAYME DE MOURA MACHADO FILHO**

**OPERAÇÕES DE RECOLHIMENTO DE ÓLEO DERRAMADO NO MAR**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para a conclusão Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica - APNT, ministrado no Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

**Orientador:** Hermann Regazzi Gerk

Banca Examinadora (apresentação oral):

---

Prof. (nome, titulação e instituição)

---

Prof. (nome, titulação e instituição)

---

Prof. (nome, titulação e instituição)

Nota: \_\_\_\_\_

Nota Final: \_\_\_\_\_

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Dedico este trabalho aos meus pais Jayme e Martha, ao meu irmão Fábio, à minha esposa Renata e ao meu filho Gabriel por sempre estarem ao meu lado, me apoiando nas minhas decisões.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Professor Hermann pela orientação à minha monografia. Suas observações foram de muita importância para o desenvolvimento do trabalho.

À Tenente Raquel Apolaro pelo auxílio na organização das idéias e na formatação da monografia. Sua ajuda foi fundamental para a conclusão deste trabalho.

Aos demais professores do CIAGA pelos ensinamentos passados.

Aos companheiros de turma, pelas experiências trocadas e conhecimentos compartilhados, contribuindo para meu desenvolvimento profissional neste breve período juntos. Bons ventos a todos!

## **RESUMO**

Com o aumento das atividades de prospecção de petróleo e a preocupação com a manutenção da integridade do meio ambiente marinho, cada vez mais se observa a necessidade da utilização de embarcações dedicadas ao combate à poluição no apoio às unidades marítimas. Esta necessidade gera uma cobrança, cada vez maior, sobre as tripulações e cria uma expectativa para a fabricação de equipamentos mais eficazes. Este trabalho visa abordar os principais aspectos de uma operação de recolhimento de óleo derramado no mar, mostrando o modo de funcionamento dos principais equipamentos envolvidos neste tipo de operação, suas características e limitações, efetuando comparações entre os diversos modelos existentes no mercado, a fim de auxiliar na escolha dos equipamentos mais apropriados a serem utilizados dependendo do tipo de operação a ser realizada.

Palavras-chave: Petróleo. Meio ambiente marinho. Poluição. Operação de recolhimento.

## **ABSTRACT**

The recent increase of oil exploration activity, along with its associated environmental concerns, brought up the necessity of having dedicated oil spill response vessels on stand by close to the oil rigs. As a consequence, crew members must be well trained and manufacturers need to offer efficient recovery material as well as effective equipments. The goal of this work is to describe the main aspects of an oil recovery operation, showing how to operate the equipments involved, their characteristics and limitations, making comparisons among the models currently available in the market in order to support the equipment selection according to the activity to be performed.

**Keywords:** Oil. Sea Environment. Pollution. Oil Recovery Operation

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Torrey Canyon	12
Figura 2	Bottsand	13
Figura 3	Hylje	14
Figura 4	Arca	15
Figura 5	Rijndelta	15
Figura 6	Bote de Serviço	16
Figura 7	Powerpack	17
Figura 8	Ro- Boom	18
Figura 9	Pyroboom	19
Figura 10	Hi Sprint	20
Figura 11	Weir Boom	21
Figura 12	Entrainment	22
Figura 13	Drainage failure	22
Figura 14	Critical accumulation	22
Figura 15	Splash - over	22
Figura 16	Submergence	22
Figura 17	Planning	22
Figura 18	Multiskimmer MS60	24
Figura 19	Markleen MWS 280 (Weir Skimmer)	24
Figura 20	Markleen MWS 280	24
Figura 21	Embarcação de recolhimento	25
Figura 22	Conforme o óleo se espalha e começa a fragmentar, a taxa de encontro diminui, necessitando um esforço maior para recolher o óleo	26
Figura 23	Após algumas semanas, a mancha se fragmentou em pequenas partes. Nesse ponto as embarcações devem ser desmobilizadas	26
Figura 24	Desempenho das embarcações de Oil Recovery no acidente do Prestige	27
Figura 25	Embarcação operando com braços rígidos	28
Figura 26	Dispersão mecânica com canhões Fire Fighting	29
Figura 27	Braço para aplicação de dispersantes	30
Figura 28	Embarcação aplicando dispersantes	30
Figura 29	Formação “U”	35
Figura 30	Formação em “J” com limitador	36
Figura 31	Formação em “J”	36
Figura 32	Combinação “U”+ “J”	37
Figura 33	Formação “U” com fundo aberto	38
Figura 34	Formação em “V”	38



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OSRV	Oil Spill Response Vessel
PSV	Platform Supply Vessel
TNO	Netherlands Organisation for Applied Scientific Research
EMSA	European Maritime Safety Agency
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
NOBE	Newfoundland Offshore Burn Experiment
SMART	Special Monitoring of Applied Response Technologies
NOAA	National Oceanic Atmospheric Administration
EPA	Environmental Protection Agency
CDC	Centers for disease Control and Prevention
BSEE	Bureau for Safety and Environmental Enforcement
µg	Microgramas
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
STW	Speed Through the water
PAH	Polycyclic aromatic hydrocarbon
CO <sub>2</sub>	Gás Carbônico
CO	Monóxido de Carbono
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>SURGIMENTO DAS EMBARCAÇÕES DE OIL RECOVERY</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Diferentes tipos de embarcações de combate à poluição</b>	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>Navios específicos</b>	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>Navios convertidos</b>	<b>14</b>
<b>1.4</b>	<b>Convertible vessels</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM UMA OPERAÇÃO DE OIL RECOVERY</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Bote de Serviço</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Powerpack</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Barreiras de Contenção</b>	<b>17</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Ro- Boom</b>	<b>18</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Pyroboom</b>	<b>19</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Hi Sprint</b>	<b>20</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Weir Boom</b>	<b>20</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Limitações das barreiras de contenção</b>	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>Skimmers</b>	<b>22</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Tipos de Skimmers</b>	<b>23</b>
<b>2.4.1.1</b>	<b>Skimmers oleofílicos</b>	<b>23</b>
<b>2.4.1.2</b>	<b>Weir Skimmers (Skimmer tipo vertedouro)</b>	<b>24</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Limitações dos recolhedores</b>	<b>25</b>
<b>2.5</b>	<b>Recolhimento por varredura com braços rígidos</b>	<b>26</b>
<b>2.5.1</b>	<b>O conceito</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>TÉCNICAS DE DISPERSÃO E QUEIMA IN- SITU</b>	<b>29</b>
<b>3.1</b>	<b>Dispersão mecânica</b>	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>Dispersão química</b>	<b>30</b>
<b>3.3</b>	<b>Queima in-situ</b>	<b>31</b>
<b>3.4</b>	<b>Comparação entre queima in- situ e outros métodos de resposta</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>TÉCNICAS DE FORMAÇÃO E ATRIBUIÇÕES DOS TRIPULANTES DURANTE A OPERAÇÃO</b>	<b>34</b>
<b>4.1</b>	<b>Lançamento da barreira</b>	<b>34</b>
<b>4.2</b>	<b>Formações</b>	<b>35</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Recolhimento de óleo em uma formação “U”</b>	<b>35</b>

<b>4.2.2</b>	<b>Recolhimento do óleo em uma formação “J”</b>	<b>36</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Combinação de U + J, para contenção e recolhimento</b>	<b>37</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Posicionamento de várias formações simultâneas</b>	<b>37</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Formação em “V”</b>	<b>38</b>
<b>4.3</b>	<b>Atribuições dos tripulantes</b>	<b>39</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Comandante da embarcação principal</b>	<b>39</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Comandante da embarcação de apoio</b>	<b>39</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Líder de equipe</b>	<b>40</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Operadores</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>42</b>

## INTRODUÇÃO

Vazamentos de óleo permanecem sendo um dos riscos ambientais mais graves na indústria da navegação, petróleo e gás, uma vez que o meio ambiente pode ser afetado significativamente, caso haja um incidente. Apesar de grandes vazamentos provenientes de navios estarem se tornando menos frequentes nas últimas décadas, acidentes ainda ocorrem. Embora o foco inicial deva ser prevenção, a indústria do petróleo considera como prioridade alta o desenvolvimento das capacidades de resposta aos vazamentos (IPIECA, 2013).

Quando vazamentos de óleo acontecem, uma ação imediata minimiza os impactos e diminui os custos gerados por este acidente.

A utilização de barreiras e *skimmers* para conter e recolher o óleo derramado é, geralmente, a solução ideal para a remoção do óleo do meio ambiente marinho, porém este tipo de operação possui suas limitações (ITOPF 2013/14).

O surgimento das embarcações de *oil recovery* será apresentado no primeiro capítulo, os principais equipamentos utilizados em uma operação de *oil recovery*, suas características e as possíveis falhas que possam vir a ocorrer serão apresentados no segundo capítulo. As técnicas de dispersão e o processo de queima *in-situ* serão apresentados no terceiro capítulo. As formações a serem executadas pelas embarcações OSRV e de apoio a fim de que o recolhimento de óleo seja viabilizado e como, efetivamente, a operação é realizada, bem como as atribuições dos tripulantes serão mostradas no quarto capítulo.

## 1 SURGIMENTO DAS EMBARCAÇÕES DE *OIL RECOVERY*

De acordo com o guia *Pollution response vessel: Oil spill recovery* de Emmanuel de Nanteuil, em 18 de março de 1967, quando o Navio Tanque Torrey Canyon, carregado com 119.000 toneladas de óleo cru, encalhou entre as Ilhas Scilly e a Costa do Reino Unido, a Europa começou a se preocupar com um risco antes negligenciado. Os anos seguintes a este grande vazamento de óleo revelaram a extensão da ameaça, através de numerosos acidentes, tão variados quanto tragicamente famosos.

Figura 1: Torrey Canyon



Fonte: [www.blogmercante.com](http://www.blogmercante.com)

Entre as diversas técnicas de combate à poluição disponíveis, a opção de utilização de embarcações capazes de recolher o óleo do mar era, inicialmente, considerada uma solução estética. Entretanto, esta técnica gradualmente assumiu um papel importante com a cadeia de acidentes interminável.

Desde 1979, com o desastre do Exxon Valdez no Alasca, que abriu o caminho para o recolhimento de óleo no mar, técnicas foram desenvolvidas e com elas a eficácia das operações aumentou.

## 1.1 Diferentes tipos de embarcações de combate à poluição

Com o passar dos anos, a frota de embarcações utilizadas para recolhimento do óleo em alto mar não parou de se expandir. Os seguintes tipos de navios se destacam neste cenário:

### 1.2 Navios específicos

Diversas embarcações foram, especialmente, construídas com o propósito de combater os derramamentos de óleo. A Alemanha trabalhou no desenvolvimento deste tipo de meios de resposta à poluição nos anos 80, criando soluções bem originais tais como as embarcações de recolhimento de óleo que dividem o casco longitudinalmente a fim de conter o óleo.

Estas embarcações podem ser consideradas a 1ª geração de navios de combate à poluição, porém como elas não poderiam ser utilizadas para outros propósitos, então começaram a cair em desuso.

Figura 2: Bottsand



Fonte: [forum.worldofwarships.eu](http://forum.worldofwarships.eu)

### 1.3 Navios Convertidos

Certos navios foram conhecidos por terem sido convertidos em embarcações de combate à poluição, abandonando, após alteração, as atividades para as quais foram originalmente construídos. Na realidade, poucos navios foram transformados. A maioria das embarcações convertidas eram *coastal tankers*, a fim de explorar suas capacidades de armazenamento com propósito de combate à poluição.

Figura 3: Hylje



Fonte: [www.shipspotting.com](http://www.shipspotting.com)

### 1.4 Convertible vessels

Esta terceira categoria é composta de embarcações que fazem variadas operações diariamente, mas são especialmente equipadas para combate à poluição.

Estas embarcações formam, atualmente, a principal parte da frota de navios de combate à poluição. Eles possuem a vantagem de fornecer uma solução de bom custo-benefício. Um dos principais fatores envolvidos nesta questão é a seleção de operações complementares que sejam compatíveis com a necessidade de disponibilidade imediata no caso de um acidente.

Alguns países que possuem atividade offshore optam por utilizar *PSVs* com capacidade de combate à poluição. Em caso de necessidade, estas embarcações podem ser

rapidamente preparadas para lançar centenas de metros de barreiras a fim de conter a mancha. Posteriormente, o óleo contido é bombeado pelo *skimmer*. Este tipo de solução é muito utilizada pelo Estados Unidos, França e Brasil.

Outros países como a Holanda, onde navios oceanográficos usualmente são utilizados tal como o Arca, usado nos vazamentos do Erika e Prestige, e o Japão desenvolveram *convertible dredgers* aproveitando a vantagem dos grandes tanques. A draga holandesa Rijndelta, utilizada nos vazamentos do Sea Empress e do Prestige, possui, por exemplo, 3.000 m<sup>3</sup> de capacidade de armazenamento. Estas embarcações normalmente possuem braços laterais para varredura com poderosas bombas, permitindo a contenção e recolhimento do óleo através do posicionamento da embarcação dentro da mancha. Estes equipamentos provaram ser eficientes em recolhimento de óleos pesados altamente viscosos nos últimos acidentes com vazamento e, sua utilização, foi expandida, inclusive, para PSVs.

Figura 4: Arca



Fonte: [marineoilspill.blogspot.com.br](http://marineoilspill.blogspot.com.br)

Figura 5: Rijndelta



Fonte: [commons.wikimedia.org](http://commons.wikimedia.org)



## 2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS EM UMA OPERAÇÃO DE *OIL RECOVERY*

Uma operação de *oil recovery* é complexa e envolve diversos tipos de equipamentos, dentre os quais se destacam:

### 2.1 Bote de serviço (*Workboat*)

Pequenos botes, existentes a bordo das embarcações de *oil recovery*, utilizados para a realização de pequenos serviços na barreira, quando a mesma se encontra inflada na água, podendo serem utilizados também como embarcação de apoio em caso de treinamentos ou operações em águas abrigadas, com pouca ação de ventos e correntes.

Figura 6: Bote de Serviço



Fonte: Próprio Autor

### 2.2 *Powerpack*

Funcionam como unidades hidráulicas para operação dos equipamentos de recolhimento de óleo, tais como: carretel da barreira de contenção, *skimmer* e sua bomba (DESMI, 2013). Em algumas embarcações o acionamento dos equipamentos é feito através do próprio sistema hidráulico do rebocador .

Figura 7: Powerpack



Fonte: [www.markleen.com](http://www.markleen.com)

### 2.3 Barreiras de Contenção

As barreiras são utilizadas com o propósito de cercar e conter o óleo derramado, desviar o óleo a fim de que não atinja áreas sensíveis ou direcioná-lo para o ponto de recolhimento. O sucesso da operação com a barreira pode ser dificultado devido ao rápido espalhamento do óleo e aos efeitos das correntes, ventos, marés e ondas. O projeto de uma barreira eficiente e uma operação bem planejada e coordenada podem reduzir estes problemas, apesar de que em algumas circunstâncias a utilização de barreiras de contenção não é adequada (ITOPF, 2013).

A característica mais importante de uma barreira é sua capacidade de contenção e desvio, determinada pelo seu comportamento com relação ao movimento da água. Todas as barreiras, normalmente, incorporam os seguintes recursos para melhorar seu desempenho:

- a) borda livre para prevenir ou reduzir o borramento;
- b) saia submersa a fim de prevenir ou reduzir o escape de óleo por baixo da barreira;
- c) flutuação através de ar, espuma ou outro material flutuante;
- d) lastro a fim de mantê-la em uma posição vertical;
- e) Membro de tensão longitudinal (cabo de aço ou corrente) para resistir às forças dos ventos, correntes e ondas (ITOPF 2013).

Alguns exemplos de barreiras utilizadas atualmente e suas características principais:

### 2.3.1 RO- BOOM

Está disponível em uma grande variedade de tamanhos a fim de atender a diversas condições de operação. A barreira de contenção RO- BOOM é fabricada com borracha neoprene, suas câmaras de ar individuais permitem excelente integridade – mesmo que uma câmara se esvazie, sua borda livre é mantida pelos gomos adjacentes. Cerca de 200 metros de barreira podem ser lançados em 15 minutos utilizando sopradores de ar de alta capacidade. A RO- BOOM 3200 pode ser considerada a maior barreira *offshore*, durante um teste realizado, a barreira conteve 95% do óleo derramado em uma camada de óleo de 14 cm de espessura (DESMI, 2013).

Algumas características de modelos da RO- BOOM se encontram na tabela 1.

Figura 8: RO-BOOM



Fonte: [www.desmi.com](http://www.desmi.com)

Tabela 1: Comparativo diversos modelos RO- BOOM

Dados Técnicos	RO- BOOM 3200	RO- BOOM 2200	RO- BOOM 2000
Borda Livre	1,2 m	0,83 m	0,59m
Calado	1,4 m	0,95 m	1,1 m
Comp. Câmara ar	6 m	3,35 m	4,5 m
Comp. Seção	200 m	50 – 300 m (intervalo 50 m)	50 – 300 m (intervalo 50 m)
Temp. Operação	- 40° C a 60° C	- 40° C a 60° C	- 40° C a 60° C
Tempo lançamento (200 M)	20 min.	12 min.	12 min.
Eficiente em ondas de até	6 m	4,5 m	4 m
Estável em corrente até	3 nós	3 nós	3 nós

Fonte: [www.desmi.com](http://www.desmi.com)

### 2.3.2 *Pyroboom*

De acordo com a Desmi, fabricante do equipamento, a *Pyroboom* demonstrou repetidamente sua eficiência, através de diversos testes, inclusive os conduzidos em conformidade com ASTM F 2152, que consiste do Guia padrão para operações de queima *in-situ*. Diferentemente de outras barreiras fabricadas com complexos sistemas de resfriamento com água, que apresentam falhas, o material refratário com revestimento de silicone da *Pyroboom* é capaz de suportar temperaturas de até 1315° C. Sua degradação é gradual, previsível e facilmente observada. Outro aspecto positivo é que a substituição da estrutura degradada é bem simples.

Sua utilização não depende de bombas auxiliares, compressores ou conexões delicadas, usar esta barreira é um simples processo de 4 passos:

- a) lançamento
- b) contenção do óleo
- c) queima
- d) recolhimento da barreira

Como a *Pyroboom* pesa praticamente o mesmo estando seca ou molhada, o recolhimento é bem mais fácil do que as barreiras com sistemas de resfriamento a água,

Figura 9: *Pyroboom*



Fonte: [www.desmi.com](http://www.desmi.com)

### 2.3.3 HI SPRINT

Conforme informações da Vikoma, fabricante desta barreira, a Hi- Sprint é fabricada com borracha neoprene reforçada, o que permite a operação em diversos climas, com uma alta resistência a abrasão e excelente resistência à avarias devido às condições ambientais

Sua característica principal é de que o insuflador, utilizado para encher a barreira, deve ficar na embarcação de apoio.

Principais recursos desta barreira são:

- a) Lançamento rápido e simples, 300 metros de barreira podem ser lançados em questão de minutos;
- b) Os gomos da barreira possuem divisões internas a cada 3 ou 5 metros a fim de formar câmaras independentes para, em caso de avaria em uma câmara, a integridade da barreira seja mantida, permanecendo capaz de conter óleo.

Figura 10: Hi-Sprint



Fonte: [www.vikoma.com](http://www.vikoma.com)

### 2.3.4 Weir Boom

De acordo com a Vikoma, fabricante deste equipamento, a Weir Boom é fabricada para atender grandes vazamentos de óleo, inclusive *blow-outs* de poços de petróleo, proporcionando uma vazão para recolhimento de 210 m<sup>3</sup>/ h.

O sistema consiste de 70 ou 76 metros de barreira com 4 tubos, conectadas a mais 300 metros de barreira com dois tubos.

A seção de 4 tubos consiste de um tubo de ar, um de água de lastro, um de flutuação e um para descarga de óleo recolhido, já a seção de dois tubos consiste apenas de um tubo de ar e outro de água de lastro.

Este tipo de barreira possui *skimmers* embutidos na seção de 4 tubos, possibilitando o recolhimento do óleo derramado. Nesta mesma seção existem bombas de deslocamento positivo e mangotes de descarga para transporte do óleo para a embarcação de recolhimento.

Figura 11: Weir Boom



Fonte: [www.vikoma.com](http://www.vikoma.com)

### 2.3.5 Limitações das barreiras de contenção

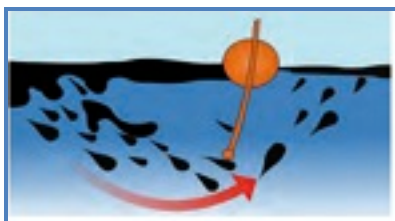
No trabalho “Oil Boom Failure Due to Wind-driven Current” de Dag Nielsen, a grande questão levantada é o porquê de, mesmo em situações de mar calmo, ocorrer o escape do óleo através das barreiras convencionais. Segundo o autor, a velocidade de escape para uma barreira convencional varia entre 0,3 e 0,6 Knots, dependendo da viscosidade do óleo, já no guia “Use of Booms in Oil Pollution Response” publicado pela ITOPF consta que a maioria das barreiras convencionais não são capazes de conter o óleo com STW maior que 1 knot, quando esta estiver atuando em ângulos retos. Na prática, a velocidade de escape do óleo na maioria das barreiras gira em torno de 0,7 Knots, independentemente de seu calado.

Conclui-se, então, que dependendo da velocidade da corrente no local da operação, tanto a embarcação OSRV, quanto a de Apoio terão que manter um seguimento a ré, a fim de evitar que a velocidade relativa do reboque em relação a água atinja a velocidade crítica, havendo escape de óleo.

A maneira como o óleo escapa da barreira e sua relação com a velocidade da água dependem do tipo de óleo e do modelo do equipamento. Óleos de baixa viscosidade passam com velocidades mais baixas que óleos mais viscosos. Turbulências causadas por fortes correntes permitem que gotas da parte inferior da camada de óleo sejam arrastadas por baixo da barreira em um processo chamado *Entrainment* (Figura 12). Óleos com baixa viscosidade também estão sujeitos a *drainage failure* (Figura 13), quando as fortes correntes quebram

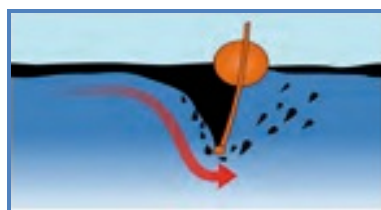
gotículas do óleo acumulado na barreira, fazendo com que estas fluam verticalmente para o fundo, passando por baixo da saia. Óleos mais viscosos são menos sujeitos a *entrainment* podendo formar camadas mais espessas na barreira. Ao atingir uma espessura acumulada crítica, o óleo irá escoar por baixo da barreira, o que é denominado *critical accumulation* (Figura 14) (ITOPF 2013).

Figura 12: Entrainment



Fonte: ITOPF Technical Paper 3

Figura 13: Drainage failure



Fonte: ITOPF Technical Paper 3

Figura 14: Critical accumulation

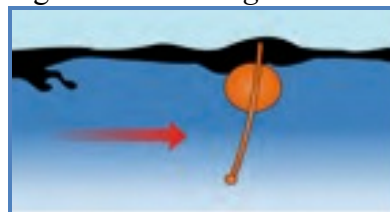


Fonte: ITOPF Technical Paper 3

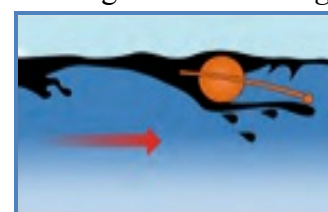
Além das correntes, ondas e ventos também geram movimentos da água podendo causar borrifos do óleo contido (Figura 15). Correntes muito fortes podem fazer com que a barreira submerja, em caso de flutuação insuficiente (Figura 16) ou tomar uma posição horizontal, possibilitando que óleo flua através dela. (Figuras 17) (ITOPF 2013).

Figura 15: *Splash-over*

Fonte: ITOPF Technical Paper 3

Figura 16: *Submergence*

Fonte: ITOPF Technical Paper 3

Figura 17: *Planing*

Fonte: ITOPF Technical Paper 3

## 2.4 *Skimmers*

Existem diversas maneiras de se combater um vazamento de óleo. A principal técnica adotada por diversas autoridades é a recuperação mecânica do óleo da superfície do mar. Isto é conseguido com a utilização de barreiras para contenção, permitindo que o *skimmer* recolha e bombeie o óleo (ITOPF, 2013).

O objetivo final de uma operação de *oil recovery* é coletar a maior quantidade de óleo possível. Todos *skimmers* são fabricados para recolher óleo e não água, porém seus tipos variam conforme sua utilização (ITOPF, 2013).

Os mecanismos através dos quais o óleo é removido da água incluem sistemas oleofílicos que dependem da aderência do óleo a uma superfície em movimento e sistemas do tipo vertedouro (ITOPF, 2013).

#### **2.4.1 Tipos de *Skimmers***

Existem diversos modelos de recolhedores de óleo. Neste trabalho abordarei os dois tipos mais utilizados, que são os *skimmers* oleofílicos e os tipo vertedouro.

##### **2.4.1.1 *Skimmers* Oleofílicos**

Este tipo de *skimmer* possui materiais que se “atraem” mais com o óleo do que com a água. O óleo adere à superfície do material, normalmente com formato de disco, tambor ou escova, que, conforme giram, retiram o óleo da água, em seguida, o óleo é direcionado para a sucção da bomba para ser descarregado para os tanques da embarcação (ITOPF 2013).

Um exemplo de *skimmer* oleofílico é o MultiSkimmer MS60, que tem capacidade de recolher desde óleos leves até pesados. Este equipamento possui três modelos (escova, disco e tambor) que podem ser trocados rapidamente, o módulo gira através da ação de um motor hidráulico ou pneumático, criando uma corrente que atrai a substância a ser recolhida na direção do *skimmer*. A mancha de óleo adere ao módulo selecionado, que é fabricado com um material que permite a aderência do óleo e repele a água. Posteriormente, o óleo atinge o pente ou raspador, onde ele é separado e derramado no *skimmer*. Devido ao efeito hidrofóbico, a água é drenada antes de atingir o raspador. O óleo é bombeado para a embarcação através de uma bomba integrada ao *skimmer*. O MultiSkimmer MS60 possui *thrusters* para sua navegação e o óleo recolhido possui uma taxa de cerca de 2 a 8% de água apenas (Markleen, 2013).



Figura 18: Multiskimmer MS60



Fonte: [www.markleen.com](http://www.markleen.com)

#### 2.4.1.2 Weir *Skimmers* (*Skimmer* tipo vertedouro)

Utilizam a gravidade a fim de drenar o óleo da superfície da água. Este *skimmer* efetua a aspiração do óleo que flutua na água e seu funcionamento é similar a de um vertedouro (ITOPF, 2013).

Um dos modelos de recolhedor tipo vertedouro é o Markleen MWS, que pode ser utilizado em vazamentos no porto, costeiros ou offshore, o *skimmer* é capaz de recolher tanto diesel leve quanto óleo pesado. Um dos recursos deste equipamento é que a entrada do fluxo é controlada e auto ajustável, com movimento do vertedouro sendo realizado automaticamente e paralelo à superfície da água. A profundidade de funcionamento do vertedouro é controlada pela vazão da bomba e determina a quantidade de água no produto recolhido (Markleen, 2013).

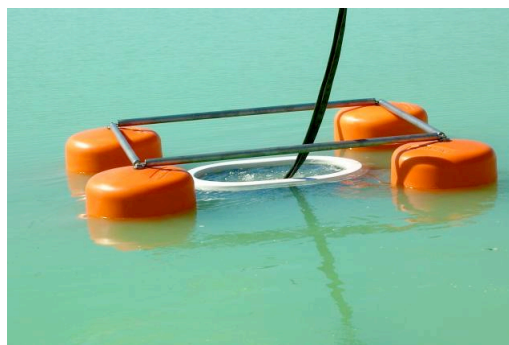
Este equipamento possui duas bombas submersíveis o que fornece uma capacidade 70% maior do que as bombas tradicionais. O funcionamento das bombas é hidráulico, portanto o *skimmer* precisa de um *powerpack* para sua operação (Markleen, 2013).

Figura 19: Markleen MWS 280 (Weir Skimmer)



Fonte: [www.markleen.com](http://www.markleen.com)

Figura 20: Markleen MWS 280



Fonte: [www.markleen.com](http://www.markleen.com)

### 2.4.2 Limitações dos recolhedores

Como ocorre em muitas operações de recolhimento de óleo no mar, o sucesso da recuperação mecânica é limitado por fatores tais como: condições de mar adversas, viscosidade do óleo e efeitos da corrente e das ondas. O espalhamento e a fragmentação de uma mancha de óleo limitam a quantidade de óleo a ser recolhida em um determinado prazo denominado taxa de encontro (ITOPF 2013).

No mar, uma mancha de óleo recém derramada pode ser recolhida em condições adequadas sem contenção, desde que a mancha permaneça espessa e homogênea (Figura 20). Nestas situações, a capacidade do *skimmer* fica limitada apenas ao espaço para o armazenamento do óleo derramado. Conseqüentemente, uma mobilização imediata dos recursos é um fator importante a fim de garantir um funcionamento mais eficiente do recolhedor. (ITOPF 2013).

Na Figura 21 podemos observar uma embarcação de recolhimento em uma grande e homogênea mancha de óleo, permitindo uma utilização eficaz dos recursos.

Figura 21: Embarcação de recolhimento



Fonte: ITOPF Technical Paper 5

A principal razão para que as vazões de recolhimento divulgadas pelos fabricantes de skimmers serem, frequentemente, impossíveis de se obter é a tendência do óleo se espalhar e fragmentar (Figuras 22 e 23). Diversas experiências realizadas em numerosos vazamentos de óleo mostram que não se pode esperar que este permaneça suficientemente concentrado a fim de sustentar vazões de recolhimento similares às condições de teste. Resultados de testes devem ser usados apenas para efeitos comparativos (ITOPF 2013).

Após o derramamento do Exxon Valdez, a Guarda Costeira dos Estados Unidos desenvolveu diversos estudos acerca deste assunto, emitindo, inclusive, um relatório sobre a eficiência do *skimmer* versus informações dos fabricantes. O resultado foi que a quantidade recolhida por um *skimmer* deve ser reduzida de 80% do que é informado pelos fabricantes.

Conforme o volume de óleo remanescente na superfície da água diminui, seja por resultado da evaporação, dispersão ou processos de desintegração, a taxa de encontro irá diminuir até o ponto que a decisão de desmobilizar os recursos deva ser tomada (ITOPF 2013).

Figura 22: Conforme o óleo se espalha e começa a fragmentar, a taxa de encontro diminui, necessitando um esforço maior para recolher o óleo



Fonte: ITOPF Technical Paper 5

Figura 23: Após algumas semanas, a mancha se fragmentou em pequenas partes. Nesse ponto as embarcações devem ser desmobilizadas.



Fonte: ITOPF Technical Paper 5

## 2.5 Recolhimento por varredura com braços rígidos

Conforme a Koseq, fabricante deste tipo de equipamento, o desenvolvimento dos braços rígidos se iniciou há mais de 30 anos atrás, juntamente com a Guarda Costeira holandesa e o TNO.

O objetivo era produzir uma simples, mas eficaz ferramenta que pudesse recolher grandes quantidades de óleo. Este equipamento foi utilizado com sucesso durante grandes vazamentos de óleo, como os do Érika, Sea Empress e Prestige.

Após o desastre do Prestige em 2002, e devido a excelente performance dos braços rígidos durante a operação de recolhimento do óleo, a demanda por este tipo de equipamento aumentou muito.

Os braços rígidos comprovaram ser a melhor ferramenta para recolhimento de óleo derramado no mar, conforme o documento da EMSA, que atesta a eficácia de diversos equipamentos usados durante o vazamento do Prestige e, neste caso, as embarcações dotadas

deste equipamento obtiveram uma melhor performance no recolhimento do óleo, conforme figura 24.

Figura 24: Desempenho das embarcações de *Oil Recovery* no acidente do Prestige

Analysis of Vessel Oil Recovery Performance						
Vessels	On Site Arrival (Days after incident)	Recovery Period (Days)	Sweeping Arms	Vessel Storage Capacity (m <sup>3</sup> )	Recovered Oil/Water Emulsion (m <sup>3</sup> )	Oil/Water Recovery Rate (m <sup>3</sup> /Day)
RIJNDELTA	6	~24	●	3,548	7,032	285.7
ARCA	10	~31	●	1,060	5,498	174.5
NEUWERK	9	~27	●	1,000	1,600	58
FAR SCOUT / BOA SIW*	17	42		1,000	1,228	29.2
GUNNAR SEIDEN-FADEN	21	~38		310	500	13
NORMAN DRAUPNE / BAMSE*	40	~25		798	285	11.2
UNION BEAVER	13	19		300	102	5.4
BRITISH SHIELD** & SEFTON SUPPORTER	20	~31		3,835	99	3.1
AQUA CHIARA	22	38		1,084	48	1.3
TITO	22	38		290	48	1.3
AILETTE	3	45		500	600	?
ALCYON	15	44		500	150	?
Fishing Vessels***	-	-		-	35,523	-

Fonte: Action Plan For Oil Pollution Preparedness and Response

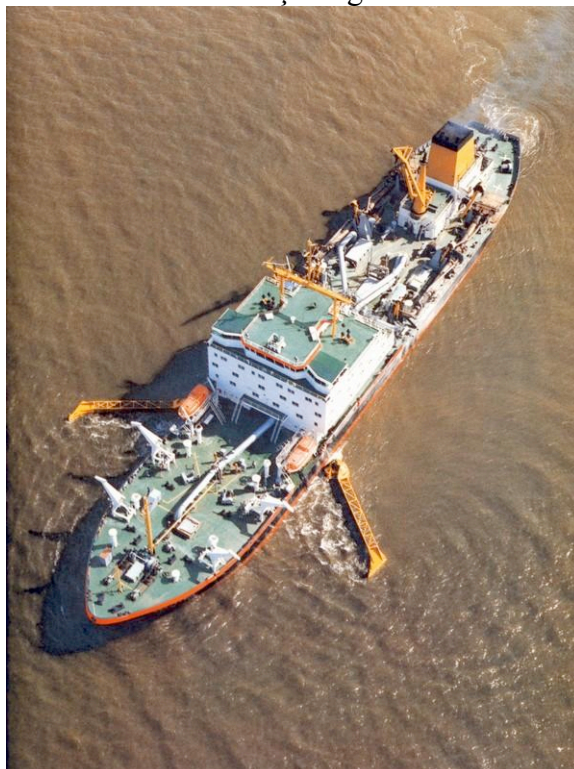
### 2.5.1 O conceito

A contenção e o recolhimento mecânico do óleo é o método mais desejável a ser realizado em uma operação, uma vez que não gera efeitos colaterais como outros métodos, tais como a dispersão química e a queima *in-situ*, que podem deixar resíduos tóxicos no meio ambiente.

Enquanto o navio navega, o óleo será guiado entre o casco e os braços rígidos para a câmara de coleta. A mistura óleo/ água é bombeada para bordo do navio através de uma bomba de transferência.

A bordo do navio, a mistura é separada através da diferença de peso específico. Posteriormente a água é esgotada novamente para o mar.

Figura 25: Embarcação operando com braços rígidos



Fonte: [www.koseq.com](http://www.koseq.com)

### 3 TÉCNICAS DE DISPERSÃO E QUEIMA IN SITU

As dispersões podem ser mecânica ou química. A utilização de cada uma dependerá da situação geral do derramamento.

#### 3.1 Dispersão Mecânica

A dispersão mecânica pode ser realizada através da navegação de uma embarcação sobre a mancha de óleo ou com o direcionamento da descarga dos canhões *Fire-Fighting* para a mancha.

De acordo com o guia “Ações de resposta a derramamento de óleo no mar” da Petrobras, o emprego de jatos d’água, com o objetivo de promover a dispersão de manchas de óleo no mar, demonstrou ser muito conveniente por vários motivos:

- a) A relativa facilidade de mobilização dessas embarcações, pela alta probabilidade de algumas delas estarem disponíveis próximas da área da ocorrência do óleo;
- b) Os bons resultados e a grande eficiência que a utilização desses equipamentos já demonstraram em situações reais. O emprego de jato d’água para provocar o turbilhonamento da superfície do mar demonstrou ser bem mais eficiente do que o processo usual de fracionar a mancha de óleo pela repetida passagem de embarcações sobre ela.
- c) Além da comprovada eficiência, a utilização de dispersão mecânica com canhões de combate a incêndio mostra-se mais vantajosa sobre a prática do uso de dispersantes químicos: utilizar, simplesmente, a própria água do mar, sem nenhum aditivo, caracteriza-se como não agressivo ao meio ambiente.

Figura 26: Dispersão mecânica com canhões Fire Fighting



Fonte: Próprio Autor

Quando não houver disponibilidade de utilização de canhões de combate a incêndio, o turbilhonamento da superfície e o fracionamento da mancha de óleo superficial podem ser obtidos por passagens sucessivas de uma ou mais embarcações sobre a área afetada.

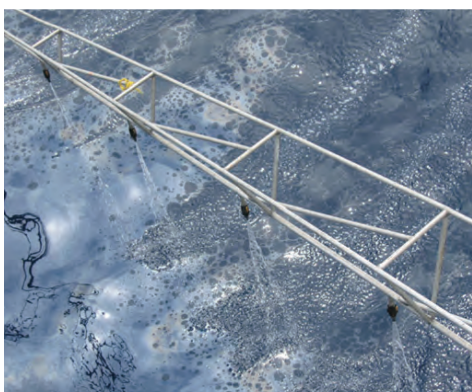
### 3.2 Dispersão química

De acordo com a Resolução CONAMA 269/2000, os dispersantes são formulações químicas de natureza orgânica, destinadas a reduzir a tensão superficial entre o óleo e a água, auxiliando a dispersão do óleo em gotículas no meio aquoso. São constituídos por ingredientes ativos, denominados surfactantes, cuja molécula é composta por uma cadeia orgânica, basicamente apolar, com afinidade por óleos e graxas (óleo-fílica) e uma extremidade de forte polaridade, com afinidade pela água (hidro-fílica). Além dos surfactantes, os dispersantes também são constituídos por solventes da parte ativa que permitem a difusão do óleo.

Sua aplicabilidade, entretanto, deve ser criteriosamente estabelecida e aceita somente se resultar em menor prejuízo ambiental, quando comparado ao efeito causado por um derrame sem qualquer tratamento, ou empregado como opção alternativa ou, ainda, adicional à contenção e recolhimento mecânico no caso de ineficácia desses procedimentos de resposta. Caso seja pertinente a utilização do dispersante e considerando o cenário do derrame, sua aplicação, tanto quanto possível, deve ser realizada durante as operações iniciais do atendimento, criteriosa e preferencialmente nas primeiras 24 horas.

Os dispersantes químicos, quando aplicados por uma embarcação, são borrifados através de um conjunto de esguichos montados em braços (Figuras 27 e 28). Uma bomba transfere o dispersante de um tanque de armazenamento para o braço. As unidades de borrifo podem ser portáteis ou permanentemente instaladas a bordo e os sistemas podem fornecer dispersante puro ou diluído na água salgada.

Figura 27: Braço para aplicação de dispersantes



Fonte: ITOPF Technical Information Paper 4

Figura 28: Embarcação aplicando dispersantes



Fonte: ITOPF Technical Information Paper 4

### 3.3 Queima in-situ

É uma alternativa que envolve a contenção da mancha em uma barreira à prova de fogo e a queima do óleo. Apesar de existir uma certa dificuldade em manter a mancha com uma espessura suficiente para queimar, quando o derrame é proveniente de um navio, uma vez que os componentes mais inflamáveis evaporam rapidamente, este método de combate à poluição já foi amplamente utilizado, como por ocasião dos acidentes com Exxon Valdez e Burmah Agate.

Para que a queima seja eficaz, esta técnica deve ser aplicada no início do vazamento, antes de que o óleo perca seus componentes inflamáveis. Geralmente, esta janela é menor que 72 horas. A decisão de se utilizar a técnica de queima in-situ deve ser tomada cerca de 6 a 8 horas após o vazamento. Os diversos tipos de óleo irão queimar na água, enquanto possuir espessura suficiente para tal (Reid, 2001).

A eficiência da queima in-situ depende de diversos fatores tais como, estado do mar, ventos, temperaturas da água, tipos de óleo e volumes. Testes realizados em situações reais demonstraram que a queima pode ser eficaz na remoção de grandes quantidades de óleo da água (Reid, 2001).

Uma eficiência de 98% foi obtida numa queima teste de óleo cru Alaska North Slope conduzida durante o segundo dia do vazamento do Exxon Valdez. O óleo foi contido em uma barreira, rebocado em uma configuração “U”. Após 1 hora e 15 minutos depois da ignição, aproximadamente 57.000 a 114.000 litros haviam sido queimados, restando 1.136 litros de resíduos (Reid, 2001).

Os resíduos gerados por uma queima podem causar preocupações ambientais, caso afundem. Seu maior impacto seria nos Bentos (vida no fundo do mar) e este seria bem localizado, uma vez que são poucos resíduos gerados e estes seriam dispersados pelas correntes. Resultados de testes em laboratório e em campo sugerem que as massas específicas do resíduo e do óleo são alguns fatores que determinam se o resíduo gerado pela queima irá afundar (NOAA, 2013)

Outra grande preocupação é com relação à emissão de poluentes atmosféricos. Estudos sobre emissões indicam que 85 a 95% do óleo queimado se tornam CO<sub>2</sub> e água, 5 a 15% do óleo não é queimado eficientemente e é convertido em partículas, especialmente fuligem e os demais se tornam diversos compostos químicos (NOAA, 1997). Em 1993 foi realizado um teste chamado NOBE a fim de verificar a taxa de emissões geradas pela queima



de 200 barris por hora e compará-las com queimas de fontes conhecidas. Os Resultados estão apresentados na tabela abaixo (NOAA, 2013):

Tabela 2: Dados obtidos no teste NOBE

Substância	Fator de Emissão médio para NOBE (g/kg óleo queimado)	Taxa Emissão (kg/hora)	Comparativo de emissões com relação a fontes conhecidas
CO <sub>2</sub>	2.800	75.600	aproximadamente 2 acres desmatamento
CO	17,5	470	Aproximadamente 0,1-acre desmatamento ou ~1.400 fogões a lenha
SO <sub>2</sub>	~15	405	7400 kg/hr. (média usina de energia a carvão)
Total de partículas de fumaça	150	4.050	Aproximadamente 9 acres desmatamento ou 58.000 fogões a lenha
Sub-3.5-micrômetros partículas de fumaça	113	3.050	aproximadamente 9 acres desmatamento
Sub-3.5-micrômetros fuligem	55	1.480	aproximadamente 38 acres desmatamento
PAHs	0,04	1,1	Aproximadamente 7 acres desmatamento or ~1.800 fogões a lenha

Fonte: [www.response.restoration.noaa.gov](http://www.response.restoration.noaa.gov)

A fim de controlar tanto a utilização dos dispersantes químicos, quanto a queima *in-situ*, foi criado nos EUA o programa SMART, que é um projeto em conjunto da Guarda Costeira, NOAA, EPA, CDC e BSEE. Este programa visa monitorar a eficácia da aplicação de dispersantes, através do monitoramento da mancha dispersada, coleta de amostras da água e, em situações de queima *in-situ*, a equipe retira amostras do ar antes e durante a queima a fim de verificar a concentração de partículas. A primeira vez que o SMART foi utilizado ocorreu no combate ao vazamento de óleo do New Carissa, que encalhou na Costa do Oregon. As autoridades optaram pela realização da queima *in-situ* do óleo derramado e estabeleceram como nível de concentração máximo de partículas menores que 10 micrômetros o valor de 150 µg/m<sup>3</sup>. Durante toda operação diversas áreas foram monitoradas e a leitura máxima atingida foi de 100 µg/m<sup>3</sup> devido ao vento estar soprando para terra, posteriormente a fumaça dissipou antes de atingir áreas habitadas. As conclusões das autoridades americanas foram de que o programa funcionou satisfatoriamente no caso do acidente do New Carissa, não tendo

sido detectados impactos significativos consequentes da fumaça em áreas habitadas próximas ao local da queima.

### **3.4 Comparação entre queima *in-situ* e outros métodos de resposta**

Conforme diretrizes elaboradas por Stafford Reid, o recolhimento mecânico é a forma menos danosa ao meio ambiente marinho. Sua grande limitação ocorre na diminuição da taxa de encontro, devido a dispersão natural da mancha. A limitação de espaço para armazenamento do óleo recolhido também dificulta a manutenção de altas vazões por ocasião do recolhimento do óleo. Operações de recolhimento necessitam de grande investimento em pessoal, embarcações, *skimmers* e sistemas de bombeamento. Os custos associados com a remoção física e disposição dos resíduos são, em torno, de 100 a 1.000 dólares/ barril, já na dispersão química, a eficiência depende no método de aplicação e no tipo de óleo e sua espessura e seu custo da utilização de dispersantes fica entre 50 a 100 dólares por barril de óleo dispersado.

A queima *in-situ* é capaz de remover em um dia tanto óleo quanto o recolhimento mecânico em um mês. Os resíduos representam um percentual pequeno com relação ao volume inicial queimado. As emissões são menos tóxicas às pessoas e ao meio ambiente marinho do que os hidrocarbonetos presentes no óleo. A queima do óleo *in-situ* é extremamente rápida, elimina a dificuldade de armazenamento do óleo recolhido, alivia os efeitos danosos aos pássaros e mamíferos, diminui a contaminação da Costa e reduz a exposição aos hidrocarbonetos voláteis das pessoas responsáveis pela limpeza da Costa e dos moradores residentes próximos ao local contaminado.

A remoção de óleo através dos processos mecânicos é 3 a 10 vezes mais barata do que a limpeza da Costa. As técnicas de dispersão química e queima *in-situ* podem ser entre 10 e 1000 vezes menos custosas. Entretanto, o principal fator para utilização da queima *in-situ* não é a economia gerada, mas sim o efeito positivo ao meio ambiente e a redução nos riscos à saúde das pessoas expostas ao óleo derramado.

## 4 TÉCNICAS DE FORMAÇÃO E ATRIBUIÇÕES DOS TRIPULANTES DURANTE A OPERAÇÃO

O Lançamento de barreiras pode ser uma atividade difícil e arriscada. Mau tempo, mar agitado impõem limites e dificuldades à operação e o manuseio de equipamentos molhados e oleosos geram riscos de acidentes pessoais. Uma estratégia adequada deve ser desenvolvida como parte de um processo do plano de contingência. Condições locais, posições de lançamento, tipos de barreiras e comprimento disponível, configurações de barreiras apropriadas e disponibilidade de embarcações de apoio devem ser considerados a fim de que um incidente não ocorra (ITOPF, 2013).

O rápido alastramento do óleo sobre uma grande área implica em um desafio para o sucesso da operação de contenção e recolhimento do óleo. Com o intuito de evitar o espalhamento e maximizar a taxa de encontro para os *skimmers*, longas barreiras em configurações U, V ou J podem ser rebocadas por duas embarcações. Dispositivos de recolhimento apropriados e espaço para armazenamento suficiente a bordo são cruciais para o sucesso da operação. A fim de maximizar a operação, as embarcações devem manter a correta configuração da barreira e a velocidade relativa à água baixa, menor que a velocidade de escape (ITOPF, 2013).

### 4.1 Lançamento da barreira

O principal parâmetro a ser observado é a direção da corrente. A embarcação deverá estar aprofada à corrente, naquela cujo lançamento é realizado pela popa, já os rebocadores, que realizam o lançamento por um dos bordos, deverão tomar uma posição o mais atravessada à corrente possível, a fim de facilitar a saída da barreira do carretel. Na ponta da barreira deve ser colocada uma bóia de arinque para auxiliar o recolhimento do cabo pela embarcação de apoio.

Ao término do lançamento, a barreira deverá ser transferida para o costado da embarcação OSRV. Esta manobra pode ser feita utilizando um cabo da proa, passando por fora do rebocador, e preso à cabresteira da barreira através de uma manilha. A barreira irá portar por este cabo, assumindo assim uma posição no costado da embarcação. O cabo de reboque, presente na outra extremidade, será recolhido pela embarcação de apoio.

Ambas as embarcações devem evitar movimentos bruscos, toda operação deve ser realizada com muita cautela, utilizando pouca máquina a fim de evitar avarias na barreira.

Caso haja necessidade das embarcações se deslocarem, a navegação deve ser realizada com a barreira o mais fechada possível, diminuindo a pressão da água contra a barreira (Petrobras, 2005). A formação deve ser feita já nas proximidades da mancha.

## 4.2 Formações

Basicamente as formações “U” e “J” são as mais utilizadas para contenção e recolhimento de óleo derramados no mar.

### 4.2.1 Recolhimento do óleo em uma formação “U”

Conforme orientação do guia “Ações de resposta a derramamentos de óleo no mar” da Petrobras, após a realização das manobras preliminares, estando as duas embarcações com o mesmo aproamento, ambas deverão se afastar lentamente a fim de formar o “U” com a barreira. Neste tipo de formação, o óleo retido na barreira fica afastado da embarcação OSRV, impossibilitando seu recolhimento pela mesma, exigindo um terceiro rebocador, equipado com um *skimmer*, para recolhimento do óleo. Esta embarcação poderá se posicionar tanto internamente, quanto externamente à barreira.

Figura 29: Formação “U”



Fonte: [www.oilspillsolutions.org](http://www.oilspillsolutions.org)

#### 4.2.2 Recolhimento do óleo em uma formação “J”

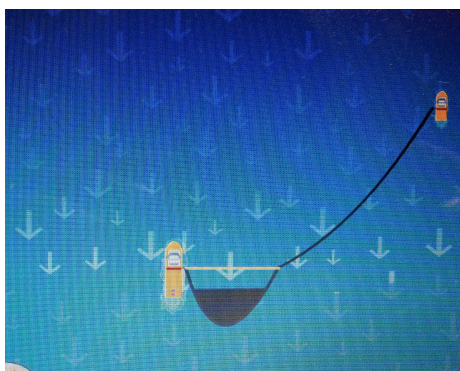
Conforme o guia “Ações de resposta a derramamento de óleo no mar – Procedimentos para Comandantes” da Petrobras, a formação “J” possui o diferencial de possibilitar que a embarcação OSRV efetue o recolhimento do óleo utilizando seu skimmer. A desvantagem deste tipo de formação está na pouca abertura, o que limita a capacidade da barreira cercar o óleo em uma frente mais ampla, a fim de minimizar este problema existem duas soluções principais:

- a) A contenção do óleo pode ser feita com formação “U” e, posteriormente, é realizada a mudança para “J”, através da movimentação para ré da embarcação OSRV ou do avanço da embarcação de apoio;
- b) É colocado um cabo limitador na barreira.

Ainda durante o lançamento da barreira, um dos chicotes deste cabo deverá ser amarrado à barra da ancoragem da última seção da barreira e o outro deverá ser amarrado a bordo.

Estando ambas as embarcações com mesmo aproamento e paralelas, o rebocador OSRV deverá cair a ré e a embarcação de apoio ir a vante a fim de formar o “J”, quando as extremidades do cabo limitador estiverem emparelhadas, seu ajuste deverá ser realizado, regulando, assim, a abertura do “J”. Após a regulagem, a embarcação de apoio deverá se afastar, flexionando a haste do J e permitindo que a própria barreira direcione o óleo para as proximidades da embarcação recolhadora. A utilização do cabo limitador possibilita o aumento da abertura da formação, sem comprometer a concentração do óleo em local bem próximo da embarcação principal.

Figura 30: Formação em “J” com limitador



Fonte: Ações de resposta a derramamento de óleo no mar – Petrobras

Figura 31: Formação em “J”

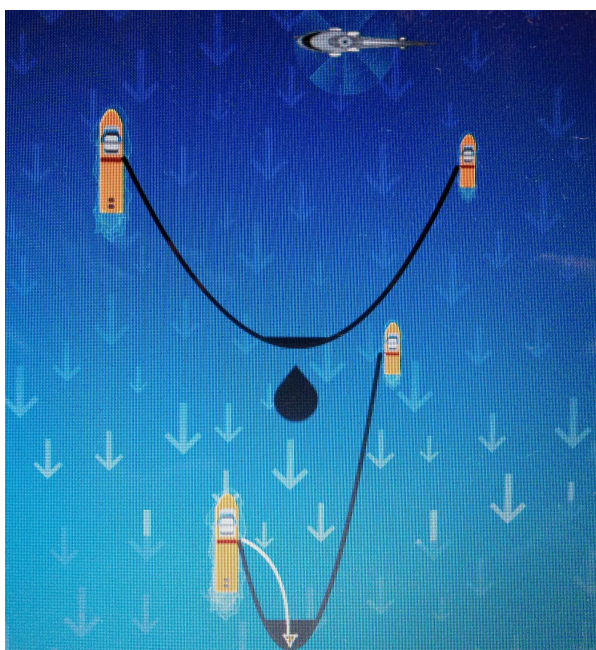


Fonte: [www.oilspillsolutions.org](http://www.oilspillsolutions.org)

### 4.2.3 Combinação de U + J, para contenção e recolhimento.

Quando uma mancha se encontrar dispersa, uma formação em U poderá ser utilizada simplesmente para cercar o óleo, sem recolhê-lo. Após se acumular no fundo da formação U, o óleo começará a passar pela barreira numa maior concentração, para que tal situação ocorra talvez seja necessária aumentar a velocidade de reboque a fim de forçar a passagem do óleo contido, sendo direcionado para uma formação em J, preparada logo a ré.

Figura 32: Combinação U + J

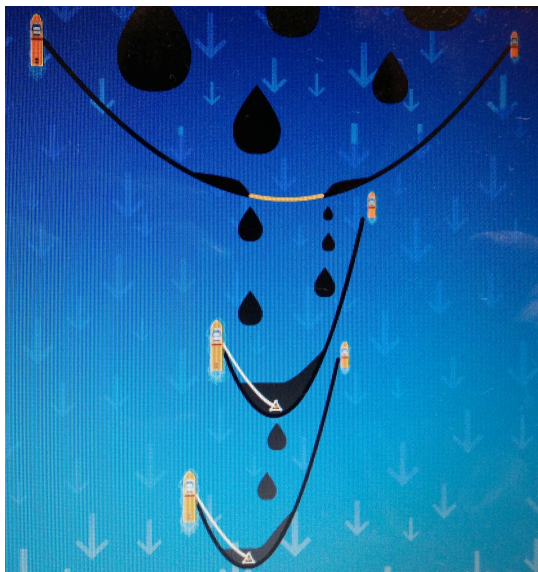


Fonte: Ações de resposta a derramamento de óleo no mar – Petrobras

### 4.2.4 Posicionamento de várias formações simultâneas

Estes tipos de posicionamento são utilizados em situações em que as manchas estão espalhadas em uma grande frente, concentrando e direcionando o óleo contido para formações posicionadas a ré, como nos casos das formações em U com fundo aberto, combinadas com formações em J sucessivas. Quando são utilizadas várias formações em J sucessivas, a capacidade de contenção das barreiras aumenta, uma vez que multiplica a área de atuação (Petrobras, 2005). A grande dificuldade está na disponibilidade de embarcações para realizar tal operação.

Figura 33: Formação “U” com fundo aberto



Fonte: Ações de resposta a derramamento de óleo no mar – Petrobras

#### 4.2.5 Formação em V

Duas embarcações rebocam a extremidade das barreiras, enquanto no vértice formado uma embarcação faz o recolhimento. Todo o óleo é direcionado para o skimmer.

Figura 34: Formação V



Fonte: [www.oilspillsolutions.org](http://www.oilspillsolutions.org)

### **4.3 Atribuições dos tripulantes**

Durante uma operação de *oil recovery* a atuação de toda tripulação é necessária, porém algumas funções possuem atribuições específicas.

#### **4.3.1 Comandante da embarcação principal**

- a) Articular-se com o Coordenador de Operações no Mar e negociar com ele as estratégias de operação;
- b) Coordenar as manobras da embarcação de apoio;
- c) Coordenar as ações do bote de serviço;
- d) Articular-se com o Líder de equipe e com o responsável pelas operações no convés, apoiando as providências capazes de melhorar a eficiência da operação;
- e) Articular-se com o Coordenador da operação e com o Líder de equipe, contribuindo para a avaliação das questões de segurança resultantes de possíveis alterações climáticas e condições de mar;
- f) Avaliar as questões de segurança resultantes de possíveis alterações climáticas e condições de mar;
- g) Controlar o rumo, a velocidade, o posicionamento e as manobras executadas pela embarcação;
- h) Manter o alinhamento da barreira sempre perpendicular ao eixo do seu carretel, durante as fainas de lançamento e recolhimento;
- i) Controlar o posicionamento da formação, mantendo comunicação com o Comandante da embarcação de apoio para realização das correções necessárias;
- j) Garantir que sua tripulação utilize todos EPIs necessários à realização da operação;

#### **4.3.2 Comandante da embarcação de apoio**

- a) Atender às solicitações emanadas do Coordenador do Grupo de Operações no Mar para realizar manobras, juntamente com a embarcação principal;
- b) Receber orientação do Comandante da embarcação principal e participar, de manobras conjuntas, visando a formação e posicionamento da barreira;
- c) Garantir que sua tripulação utilize todos EPIs necessários à realização da operação;



### 4.3.3 Líder de equipe

- a) Cuidar da segurança dos operadores e da operação sob sua responsabilidade;
- b) Controlar a velocidade de lançamento e recolhimento da barreira;
- c) Controlar a vazão da bomba do *skimmer* em função da quantidade de óleo contido na barreira;
- d) Manter constante inspeção visual em todo o sistema, informando imediatamente a respeito de qualquer anormalidade e necessidade de ações corretivas.
- e) Articular-se com o Comandante da embarcação principal e com o Coordenador da operação, opinando e trocando informações referentes ao andamento da operação.
- f) Articular-se com o Comandante da embarcação principal e com o Coordenador da operação, para avaliar as questões de segurança resultantes de possíveis alterações climáticas e condições de mar.

### 4.3.4 Operadores

- a) Receber orientação do Líder de equipe;
- b) Preparar para o lançamento as barreiras e seus acessórios;
- c) Operar o *powerpack*;
- d) Cuidar do enchimento e do esvaziamento da barreira;
- e) Colocar e retirar os tampões de vedação do ar da barreira;
- f) Ajudar no posicionamento da barreira durante seu lançamento e recolhimento;
- g) Participar do lançamento, posicionamento, operação e recolhimento do *skimmer*.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A decisão pela forma de combate a um vazamento de óleo depende de diversos fatores, dentre os quais se destacam a viscosidade do óleo, as condições climáticas reinantes e o risco deste óleo atingir a Costa.

Não existe unanimidade com relação a melhor forma de se efetuar este combate, todas as maneiras possuem vantagens e desvantagens, cabendo ao Coordenador da Operação avaliar como será efetuado o recolhimento do óleo.

O recolhimento e a dispersão mecânicos são os únicos que não causam efeitos colaterais ao meio ambiente, diferentemente da queima *in-situ*, devido aos seus resíduos gerados e, principalmente, da dispersão química, cuja utilização deve ser criteriosamente avaliada.

Dentro do recolhimento mecânico, o uso dos braços rígidos para varredura do óleo obteve os melhores resultados em diversas situações reais observadas ao longo dos anos, conforme estudos apresentados pela Agência de Segurança Marítima Européia no Plano de Ação para Poluição por óleo.

Face o exposto, a utilização de embarcações especializadas em recolhimento mecânico do óleo com o emprego dos braços rígidos para a varredura se tornou, em algumas situações, a forma mais eficiente de se combater um derramamento de óleo no mar, apesar de possuir limitações quanto a viscosidade do óleo a fim de viabilizar seu emprego, por outro lado, este método não apresenta os riscos mencionados anteriormente relacionados à velocidade da embarcação relativa a água nas situações de lançamento de barreiras.

O mais importante é que todos contribuam para a manutenção da integridade do meio ambiente, atentando para realização de operações com total segurança, evitando assim o comprometimento do ecossistema marinho, após um evento de poluição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLOGMERCANTE. Disponível em: <<http://www.blogmercante.com/wp-uploads/2011/08/Torrey-Canyon-wreck.jpg>>. Acesso em: 20 set. 2013.

COMMONS. Disponível em: <[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rijndelta\\_%28dredger%29.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rijndelta_%28dredger%29.jpg)>. Acesso em: 21 set. 2013.

DESMI – Pyroboom – The new standard for in-situ burning.

DESMI – RO-BOOM 3200 – Heavy duty oil containment boom.

DESMI Disponível em: <<http://www.desmi.com/booms/ro-boom-%2816%29.aspx>>. Acesso em: 27 ago. 2013.

European Maritime Safety Agency – Action Plan for oil Pollution Preparedness and Response, 2004.

IPIECA, 2013 - Disponível em: <<http://www.ipieca.org/focus-area/oil-spill-preparedness>>. Acesso em: 25 ago. 2013.

ITOPF. **The International tankers owners pollution federation limited handbook.** 2013/2014.

ITOPF. Technical Information Paper 3 – Use of booms in Oil Spill Pollution Response. MARINEOILSPILL. Disponível em: <<http://marineoilspill.blogspot.com.br/2010/06/why-isnt-mv-arca-in-gulf.html>>. Acesso em: 22 set. 2013.

KOSEQ - Disponível em: <[www.koseq.com](http://www.koseq.com)>. Acesso em: 25 ago. 2013.

MARKLEEN. Disponível em: <<http://www.markleen.com/products/dhpp-closed-frame/>>. Acesso em: 26 ago. 2013.

Markleen - Disponível em: <<http://www.markleen.com/products/multiskimmer-ms-60/>>. Acesso em 02 set. 2013.

Markleen - Disponível em: <<http://www.markleen.com/products/weirskimmer-mws-280/>>. Acesso em: 02 set. 2013.

NANTEUIL, Emmanuel . **Pollution response vessel:** Oil spill recovery.

NOAA, 1997 – Oil Spill – Behavior, Response and Planning.

NOAA. **In- situ Burn (ISB) Emissions Comparisons** Disponível em: <<http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/oil-spills/resources/in-situ-burn-emissions-comparisons.html>>. Acesso em: 10 set. 2013.

NOAA, Residues from In-situ Burning of Oil on Water Disponível em: <<http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/oil-spills/resources/residues-in-situ-burning-oil-water.html>>. Acesso em 25 ago. 2013.

NOAA. **Smart at the New Carissa Oil Spill**. 2006.

Oil Boom Failure Due to Wind-driven Current de Dag Nielsen, 2012.

Oil spill Solutions Disponível em: <<http://www.oilspillsolutions.org/booms.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2013.

Oil Spill Solutions Disponível em: <<http://www.oilspillsolutions.org/skimmers.htm>>. Acesso em: 02 out. 2013.

PETROBRAS. **Ações de resposta a derramamento de óleo no mar**. 2005.

Resolução CONAMA 269/2000 Regulamento para uso de dispersantes químicos em derrames de óleo no mar. 2000.

Reid, Stafford. British Columbia / Canada In- situ Oil Burning policy and Decision Guidelines. 2001.

Seapro. Disponível em: <<http://www.seapro.org/responderhandbook.htm>>. Acesso em: 30 set. 2013.

SHIPSPOTTING. Disponível em: <<http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=1634997>>. Acesso em: 22 set. 2013.

Use of Skimmers In Oil Pollution Response – ITOPF Technical Information Paper 5.

VIKOMA - Disponível em:< <http://www.vikoma.com/marine-products/containment-booms/hi-sprint>>. Acesso em: 29 ago. 2013.

VIKOMA - Disponível em: <<http://www.vikoma.com/marine-products/containment-booms/weir-boom>>. Acesso em: 30 ago. 2013.

WORLDOWARSHIPS (Fórum). Disponível em: <http://forum.worldofwarships.eu/index.php?/topic/418-german-navy-oil-recovery-ship-bottsand-class-738/>>. Acesso em: 21 set. 2013.

# CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA

MARINHA DO BRASIL  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALTE. GRAÇA ARANHA

