



**V SINGEP**

**Simposio Internacional de Gest3o de Projetos, Inova3o e Sustentabilidade**  
**International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability**

ISSN: 2317 - 8302

## **Estudo logístico de vazamentos de resíduos oleosos nas atividades de exploração e produção offshore**

**ANA LETÍCIA VON BORSTEL GALVÃO DE QUEIRÓS**

UDESC

ana\_le\_queiros@hotmail.com

**MANUELA MARIA KONS HOFFMANN**

UDESC

manuelakonshoffmann@hotmail.com

**RODRIGO NASCIMENTO JUNIOR**

UDESC

rodrigonascimentojunior13@gmail.com

**OSEIAS ALVES PESSOA**

UDESC

oseias.pessoa@udesc.br



V SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8502

## ESTUDO LOGÍSTICO DE VAZAMENTO DE RESÍDUOS OLEOSOS NAS ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO *OFFSHORE*

### Resumo

Atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural *offshore* envolvem planejamentos logísticos detalhados, pois englobam grandes distâncias à costa. Todo o ferramental físico e humano precisa ser deslocado da costa ao local de implantação da unidade de exploração e/ou produção. O deslocamento e a implantação da unidade de exploração e posteriormente de produção envolvem intrinsecamente riscos ambientais de vazamentos de resíduos oleosos. Esses resíduos oleosos, ao derramarem no mar, se espalham rapidamente demandando mobilização de aparato logístico de contenção e de remediação. O aparato logístico de contenção e remediação dependem das condições ambientais e da disponibilidade de recursos materiais e humanos. Esse estudo apresenta as variáveis sensíveis à eficiência do controle e da remediação de derramamentos de resíduos oleosos. É analisada a correlação entre os recursos logísticos com o tempo de resposta e a eficiência é consubstanciada em termos da minimização do tempo de resposta através de uma variável denominada *coeficiente de resposta*  $C_{log}$ . O  $C_{log}$  permite a comparação de eventos distintos através da inversão temporal dos recursos logísticos demandados para um determinado evento. Para apoiar a aplicabilidade da ferramenta desenvolvida, calcula-se o  $C_{log}$  para três eventos distintos que impactaram significativamente o ambiente marinho: Macondo, Montara e Frade.

**Palavras-chave:** Derramamento de óleo; Remediação; Análise de Risco; Coeficiente Logístico de Resposta;

### Abstract

Activities of exploration and production of offshore oil and natural gas involve detailed logistics planning, because cover great distances to the coast. All the physical and human resources must be moved from the coast to the place where the operating and/or production unit. The movement and deployment of the operating and production unit later inherently involve environmental risks of waste oil leaks. These oily wastes to pour into the sea spread quickly demanding mobilization of logistical apparatus containment and remediation. The logistical apparatus containment and remediation depend on the environmental conditions and the availability of material and human resources. This study presents the variables sensitive control efficiency and remediation of oily waste spills. The correlation is examined between logistical features with response time and efficiency is embodied in terms of minimizing the response time via a so-called variable rate  $C_{log}$  response. The  $C_{log}$  allows comparison of different events through the temporal inversion of logistical resources required for a given event. To support the applicability of the developed tool, calculate the  $C_{log}$  for three different events that significantly impacted the marine environment: Macondo, Montara and Frade.

**Keywords:** Oil spill; Remediation; Risk Analyses; Logistic Response Coefficient;



## 1 Introdução

Devido às crescentes demandas nacionais por energia, a exploração e produção de petróleo brasileira tem caráter imprescindível para as políticas energéticas do país. Nesse sentido, a análise e gestão de riscos frente a possíveis efeitos adversos das operações, tal como os derramamentos de óleo, é fundamental melhorar as ações remediativas frente à ocorrência de eventos danosos à natureza.

A análise de riscos engloba o estudo que visa identificar os perigos de uma atividade, projeto ou área, seguido de uma estimativa do risco existente para possíveis receptores, como pessoas ou o meio ambiente. Além disso, deve ser elaborado um projeto com medidas de gerenciamento preventivas e emergenciais em prol de diminuir o risco e minimizar o dano (VIANA, 2010).

Dentro da atividade petrolífera, há certos riscos que são inerentes à atividade e que podem levar a incidentes de poluição de fundo accidental ou operacional. Entretanto, independente da causa dos eventos poluidores, segundo a Política Nacional de Meio Ambiente fica imposto à empresa poluidora a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados ao meio ambiente (HUFF, 2016).

Em vista disso, para manter a viabilidade da atividade de exploração e produção de petróleo da empresa, essa deve evitar ao máximo a ocorrência de derramamentos de óleo no mar, e frente a acidentes, deve desenvolver uma resposta rápida para contenção e remediação do incidente.

O evento de derramamento se deve a um alinhamento de falhas operacionais, gerenciais e de segurança. Cabe à empresa empregar métodos e processos que assegurem a prevenção de acidentes operacionais e a promoção ou implantação de tecnologias e procedimentos associados à prevenção de acidentes.

A ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) adota uma gestão de segurança operacional, em que a empresa é a responsável por avaliar permanentemente a operação no sentido de reduzir ao máximo os riscos. Logo, a regulamentação atribui maior autonomia decisória, porém maior responsabilidade.

A empresa, em especial aos agentes envolvidos nas atividades *offshore*, deve primar pelo regulamento adotando medidas que minimizem a possibilidade de incidentes ambientais. Cabe aos agentes antecipar os possíveis fatores que causam ou agravam os acidentes e promover uma classificação de risco efetiva das operações.

Dessa maneira, buscou-se desenvolver uma ferramenta quantitativa que auxilie o meio empresarial a realizar uma análise do seu plano de contingência a derramamentos de óleo no mar, assim como, que possibilite dimensionar a gravidade do evento, permitindo a sua comparação com diferentes derramamentos de óleo. Portanto, auxiliar na busca de melhorias na recuperação do óleo, cada vez de forma mais rápida e eficiente, diminuindo os danos ao meio ambiente envolvido.

## 2 Referencial Teórico

A poluição marinha de resíduos oleosos consiste na introdução de substâncias hidrocarbônicas, em qualidade e quantidade, que tragam potencial de deterioração dos recursos biológicos, da qualidade da água, das atividades marinhas e da saúde humana (TURNER *et al.*, 2014).

Os incidentes de derramamento de resíduos oleosos no ambiente marinho oriundos das atividades de exploração e produção de petróleo *offshore* mais causais são: *blowout*, acidentes operacionais nas plataformas, acidentes na descarga e carga dos barcos alimentadores,



arrastamento por chuva de graxa e óleo da plataforma, acidentes durante o transporte do óleo e no carregamento de petroleiros.

O resíduo oleoso derramado no mar sofre mudança na composição devido a evaporação de componentes de baixo peso molecular, dissolução de constituintes solúveis em água, e a emulsificação de compostos imiscíveis em pequenas gotas. A evaporação das frações mais leves resulta num resíduo de alta viscosidade (STELMASZEWSKI, 2011).

A transformação do resíduo oleoso é discriminada de acordo com as características macroscópicas, tais como: expansão, evaporação, dissolução, dispersão, emulsificação, sedimentação, biodegradação e foto-oxidação. A magnitude depende do tempo, tipo de óleo, condições físicas e ambientais (temperatura, intensidade e direção do vento e amplitude das ondas) (KOZHEVNIKOV; NUZHIDIN; MARTYANOV, 2010).

O gráfico da Figura 1 apresenta as sequências de transformação e a duração temporal dos fenômenos que atuam sobre o óleo derramado. Observa-se que a expansão ou espalhamento, evaporação e dissolução tem seus inícios sincronizados com o incidente, enquanto que a dispersão, emulsão, sedimentação e biodegradação ocorrem em sequência temporal entre si, um após o outro. A foto-oxidação é perene em todo o processo e a biodegradação é a derradeira e a mais extensiva temporalmente (WU et al., 2010).

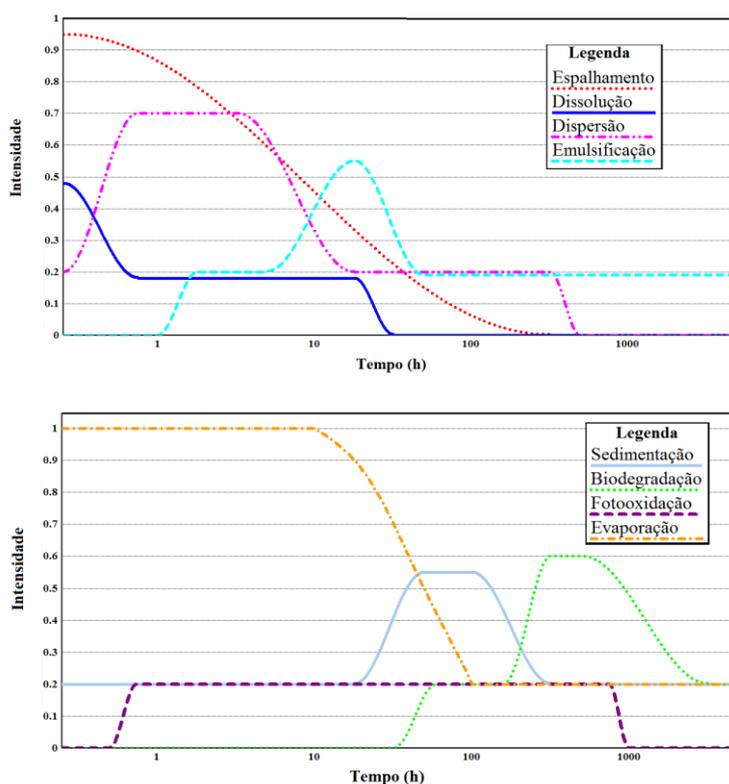


Figura 1. Transformação do óleo derramado segundo a sequência cronológica em que os fenômenos atuam. Fonte: Adaptado de Manual On Oil Pollution, 2005.

A evaporação é geralmente o processo mais importante de intemperismo. Ela tem elevado efeito na quantidade de óleo residual na água ou terra depois do derrame. A razão a qual um óleo evapora depende primeiramente da composição do mesmo. Quanto mais componentes voláteis o óleo ou combustível contém, maior a extensão e razão da evaporação.



Cerca de 80% da evaporação ocorre nos dois primeiros dias, após o derramamento, formando uma curva logarítmica com o tempo (FINGAS, 2011).

Os processos de intemperismo que mais afetam no comportamento do óleo após o seu derrame são: evaporação, emulsificação e dispersão natural. Esses processos ocorrem com maior intensidade nos primeiros dias após o incidente. Todavia, é de fundamental importância estudar e avaliar esses fatores, para que em situações semelhantes futuras, a correção seja efetuada com eficiência e denigrando menos o meio ambiente.

Os impactos de derramamentos de resíduos oleosos são classificados de acordo com os reflexos das consequências geradas pelo evento, sejam estas ambientais, econômicas e sociais. Os efeitos ambientais se materializam na contaminação física e intoxicação dos organismos e sistemas marinhos na acumulação nos diversos ecossistemas marinhos e litorâneos.

O tamanho dos impactos ambientais observados no derramamento de resíduos oleosos no mar depende de fatores específicos e gerais. Os fatores específicos são aqueles que se relacionam com a fonte do incidente, tais como: o volume derramado, as características físico-químicas da água do mar e do resíduo, principalmente a toxicidade. Os fatores gerais são aqueles relacionados com o meio onde o incidente ocorre, tais como: as condições ambientais do local, a topografia e a geomorfologia do mar. A metodologia de limpeza da área afetada deve contextualizar os fatores específicos e gerais e levar em consideração principalmente a manutenção dos ecossistemas locais (WHITFIELD; BECKER; 2014).

Apesar de todos esses fatores que vem a caracterizar o alcance do impacto ambiental, atualmente desenvolveu-se uma consciência ambiental sustentável, onde as empresas descobriram que a implementação de tecnologias ambientais poderia reduzir os custos de suas operações, pois assim estariam otimizando processos produtivos, conservando energia e controlando desperdícios, de maneira a manter os preços competitivos de mercado, ao passo que satisfaçam as necessidades humanas e reduzem os impactos ecológicos. Esse modelo de gestão é conhecido como eco-eficiência (BAYARDINO, 2004).

Para remediar um derramamento de petróleo, são utilizados recursos logísticos que englobam meios físicos e operacionais. Os meios físicos usados são: barreiras de contenção, recolhedores (*skimmers*), absorvedores, dispersantes, tanques infláveis, embarcações de combate e de recolhimento, embarcações *fire fighting* e helicópteros. Os meios operacionais materializam-se no plano de contingência, pois contêm previsões de diversos cenários de derramamentos concomitantemente com os recursos humanos e físicos disponíveis e demandados para cada tipo de incidente (FINGAS, 2011; LIMA, 2003).

O plano de contingência contém estudos preliminares sobre os riscos ambientais de qualquer atividade econômica passível de afetar os ecossistemas naturais. Esse plano contextualiza vários constructos a serem observados, tais como a previsão dos cenários, recursos disponíveis, procedimentos operacionais, localização dos equipamentos e da equipe de combate, sala de emergência para centralizar as informações e sistema de comunicação em tempo real (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS, 2011).

Frente a um evento de derramamento de óleo, existem os Centros de Defesa Ambiental (CDA), os quais são locais com recursos e capacidade de mobilização para combater derrames de resíduo oleoso. Atualmente, a Petrobras mantém dez centros de resposta (CDA) e 13 bases avançadas localizadas estrategicamente pelo território brasileiro. O estabelecimento desses centros se consubstancia no princípio da cooperação entre as entidades públicas e privadas em prover técnicas e recursos para uma rápida resposta ao evento, assim empresas operadoras do ramo petrolífero colaboram com esses centros por meio de pagamento de taxa de adesão e manutenção calculada de acordo com o risco operacional do projeto realizado (PETROBRAS, 2014).



### 3 Metodologia

Para desenvolver uma ferramenta a qual viesse a colaborar na análise dos derramamentos de óleo, foi desenvolvido o coeficiente de resposta  $C_{log}$ . Para isso, foram elencados os principais fatores que influenciam na capacidade de mobilização frente à ocorrência de derramamentos de óleo, sendo considerados como principais o condicionamento e a disponibilidade de recursos logísticos, os quais previamente armazenados próximos ao local do acidente permitem minimizar o tempo de resposta, e, consequentemente, atenuar os danos ambientais.

Então, definiu-se que o coeficiente de resposta  $C_{log}$  é expresso por uma relação inversa entre a velocidade de resposta e o tempo necessário de mobilizar todos os recursos logísticos para atender a todo o incidente de derramamento.

A sistematização do coeficiente de resposta  $C_{log}$  ocorre, vinculando a 1 (um) quando o tempo de resposta tende a 0 (zero), e, 0 (zero) quando o tempo de resposta tende ao infinito:

$$C_{log} \rightarrow 1 \text{ para } t \rightarrow 0$$

$$C_{log} \rightarrow 0 \text{ para } t \rightarrow \infty$$

O coeficiente  $C_{log}$  expressa um parâmetro de variância entre 0 (zero) a 1 (um) e pode ser aplicado a qualquer ação que impacte os ecossistemas. Quanto mais próximo de 1 (um), maior a velocidade de resposta, e, menor quanto mais próximo de 0 (zero). A relação do coeficiente de resposta que absorve tais limites é dada pela relação:

$$C_{log} = \frac{1}{1 + t \ln(v^2 + 1)}$$

Onde, a grandeza ' $v$ ' é a quantidade de volume do elemento causador do impacto, nesse caso, resíduo oleoso. E a grandeza ' $t$ ' é a soma dos tempos necessários para a mobilização dos recursos logísticos até o momento imediatamente antes do uso dos recursos logísticos. Não englobando assim o tempo necessário para controlar a situação, apenas o tempo necessário para mobilização dos recursos logísticos.

A Figura 2 apresenta a curva do coeficiente logístico em função do tempo para os volumes: 1 m<sup>3</sup> (em azul), 10 m<sup>3</sup> (cinza) e 100 m<sup>3</sup> (verde). Nos três cenários listados, percebe-se que independente do volume o coeficiente logístico tende a zero quando o tempo tende ao infinito e tende a 1 (um) quando o tempo tende a zero.

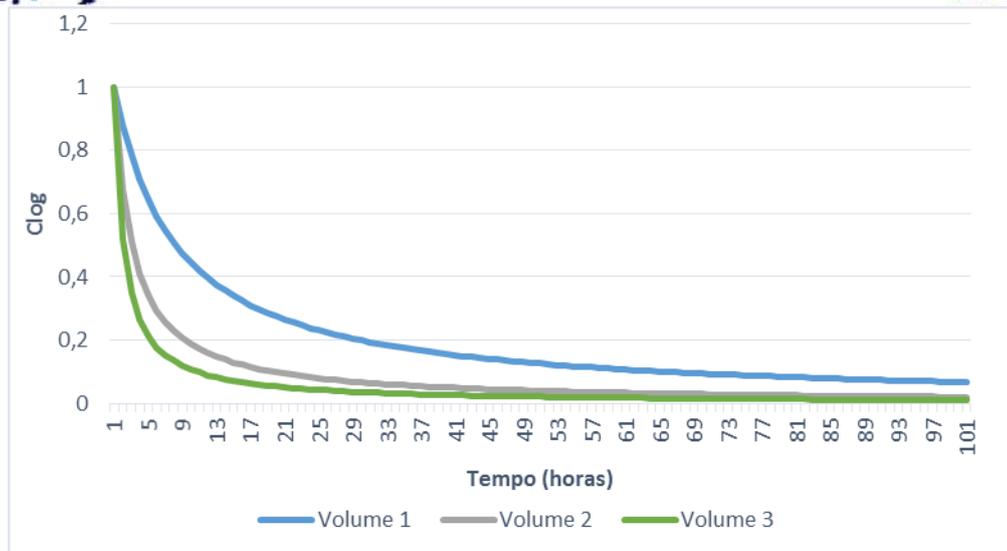


Figura 2. Curva de coeficiente logístico  $C_{log}$  em função do tempo pra três volumes distintos.

Fonte: Autoria Própria.

Para testar o parâmetro proposto, buscou-se aplicá-lo em 3 (três) incidentes distintos que impactaram significativamente o ambiente marinho: Macondo, Montara e Frade. A escolha desses três acidentes foi motivada pela disponibilidade de dados contidos nos relatórios e também pela amplitude midiática que esses incidentes ocasionaram nos meios de comunicação de massa.

#### 4 Análise dos resultados

Para usar a ferramenta  $C_{log}$  no local do incidente, é necessário saber o tempo necessário para ter disponível os recursos logísticos, para então atuar sobre a quantidade de óleo que foi derramado. Para materializar a obtenção do coeficiente logístico  $C_{log}$ , o cálculo será consubstanciado para os 3 incidentes: Macondo, Montara e Frade.

O incidente de Macondo ocorreu no golfo do México em 2010 e derramou aproximadamente um volume de  $7,94 \times 10^8 \text{ m}^3$  de resíduo oleoso e demandou um tempo de  $T = 87$  dias para a mobilização dos recursos logísticos de remediação (FINGAS, 2013). Para o incidente de Montara ocorrido na orla australiana em 2009 o volume estimado foi de  $5,88 \times 10^5 \text{ m}^3$  de resíduo oleoso e tempo de  $T = 74$  dias (FINGAS, 2013). O incidente do poço de Frade na Bacia de Campos, na orla brasileira derramou  $3 \times 10^4 \text{ m}^3$  de resíduo oleoso e demandou um tempo de  $T = 8$  dias (ANP, 2012). Os respectivos coeficientes de resposta obtidos são mostrados na Tabela 1:

Tabela 1: Valores obtidos de coeficiente logístico  $C_{log}$  em cada acidente

Incidente	$C_{log}$
Poço de Macondo	0,027
Poço de Montara	0,061
Poço de Frade	0,32

Fonte: Autoria própria.



A partir dos valores obtidos na Tabela 1 é possível avaliar a amplitude do impacto ambiental que ocorreu, de maneira a permitir comparar os 3 (três) incidentes. Nesse viés, observa-se que o incidente no campo de Macondo foi significativamente mais impactante ao ambiente que o ocorrido no poço de Frade. A afirmação se consubstancia na correlação entre volume de contaminante oleoso derramado pelo tempo demandado para a remediação.

A grandeza oriunda do coeficiente logístico  $C_{log}$  engloba indiretamente a falta de recursos logísticos para a remediação, pois o tempo de resposta aumenta quando os recursos logísticos precisam ser deslocados entre países, principalmente quanto à mobilidade alfandegária é lenta. O mesmo ocorre quando os recursos são insuficientes para controlar o evento, pois o tempo de resposta é a soma dos tempos dos recursos demandados para atender o incidente.

## 5 Considerações Finais

O crescimento econômico, a política energética adotada e a qualidade ambiental são fatores que atualmente estão intrinsecamente relacionados. Enquanto a política energética de um país define as diretrizes nacionais adotadas para administrar e explorar os recursos nacionais, o fator ambiental vem a nortear os fatores da gestão ambiental sustentável, observando os fatores limitantes e leis naturais que devem ser obedecidas para então gerar um crescimento econômico sustentável.

Como a produção e exploração petrolíferas envolvem diversos fatores de risco ambiental, essa indústria se vê na dependência pela busca por processos de mitigação dos riscos e remediação dos derramamentos de resíduo oleoso. A eficiência do processo de mitigação depende da estratégia adotada pela companhia entre o balanço dos custos de manutenção dos recursos logísticos pela frequência de ocorrência de incidentes.

No meio empresarial, quando acidentes ambientais são bem noticiados, o reflexo na imagem da empresa para a sociedade é fortemente influenciado, gerando perdas financeiras significativas. Em vista disso, as empresas têm buscado desenvolver sistemas de respostas eficientes e pesquisas para tornar os métodos de remediação mais eficazes. Ademais, a baixa percepção dos riscos no planejamento e na avaliação das operações demonstra insuficiência da cultura de segurança que privilegie a realização de atividades de forma segura e significativa.

Nesse sentido, a importância de um parâmetro que possa comparar eventos de derramamentos de resíduos oleosos distintos vem atender a crescente preocupação com o meio ambiente, além de auxiliar o público leigo a relacionar eventos distintos usando como referência o coeficiente logístico. O constructo do coeficiente logístico embora ainda em fase incipiente atende o escopo inicial de quantificar eventos distintos sem depender das especificidades de cada situação.

Apesar do coeficiente logístico ser um parâmetro de dimensionamento de resposta para um incidente de derramamento de resíduo oleoso no mar, ele precisa incorporar futuramente maiores dependências, tais como as condições meteorológicas, local do evento e o tipo de contaminante oleoso. Porém, esses fatores estão implicitamente associados ao aumento do tempo de disponibilidade dos recursos logísticos, portanto de algum modo pode ser representado por uma dilatação temporal na resposta.



**V SINGEP**

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

## 6 Referências Bibliográficas

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. RELATÓRIO FINAL – INVESTIGAÇÃO DO INCIDENTE DE VAZAMENTO DE PETRÓLEO NO CAMPO DE FRADE, 2012. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Rio de Janeiro: ANP, 2016.

BAYARDINO, Renata Argenta. PETROBRAS E O DESAFIO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL. 2004. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Resolução Conama N° 269. Brasília, 12 jan. 2001.

FINGAS, Mervin. Oil Spill Science and Technology. Elsevier, 2011.

FINGAS, Mervin. The Basics of Oil Spill Cleanup. Boca Raton: Crc Press, 2013.

HUFF, Vanelle Stabilito Mesquita. A responsabilidade ambiental no vazamento de petróleo no mar. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XIX, n. 145, fev 2016. Disponível em: <[http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=16866](http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=16866)>. Acesso em ago 2016.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS (Reino Unido). Oil Spill Response: Global Industry Response Group recommendations. 465. ed. Londres: Ogp, 2011.

KOZHEVNIKOV, I.v.; NUZHDIR, A.I.; MARTYANOV, O.n. Transformation of petroleum asphaltene in supercritical water. The Journal Of Supercritical Fluids, Novosibirsk, v. 55, n. 1, p.217-222, jun. 2010.

LIMA, Cesar Augusto Fernandes. EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO NO MAR: PLANO LOGÍSTICO PARA ATENDIMENTO AO COMBATE DE DERRAMAMENTO DE ÓLEO NO MAR DE UM CAMPO OFFSHORE DE PRODUÇÃO DA PETROBRAS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. 2003. 130 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MANUAL ON OIL POLLUTION: Combating oil spills. Londres: Imo, v. 2, 2005.

STELMASZEWSKI, Adam. The contribution of fluorescence to measurements of light scattering in oil-in-water emulsions. Oceanologia, Gdynia, v. 53, n. 2, p.549-564, jun. 2011.

TURNER, Eugene et al. Distribution and recovery trajectory of Macondo (Mississippi Canyon 252) oil in Louisiana coastal wetlands. Marine Pollution Bulletin, Baton Rouge, v. 87, n. 1-2, p.57-67, out. 2014.

VIANA, Daniel de Barrêdo. AVALIAÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS EM ÁREAS CONTAMINADAS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA. 2010. 162 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.



**V SINGEP**

**Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade**

**International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability**

ISSN: 2317 - 8302

WHITFIELD, A.k.; BECKER, A.. Impacts of recreational motorboats on fishes: A review. Marine Pollution Bulletin, Grahamstown, v. 83, n. 1, p.24-31, jun. 2014.