

## SIMULAÇÃO DE UM VAZAMENTO DE ÓLEO DURANTE UMA OPERAÇÃO OFFLOADING

Lígia Maria dos Santos Barros Rodrigues<sup>1</sup>; Anaximandro Anderson Pereira Melo de Souza<sup>2</sup>;  
Paulo Emanuel Medeiros Paula<sup>3</sup>; Davith da Silva Campos<sup>4</sup>; Luís Jorge Mesquita de Jesus<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Universidade CEUMA, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo - [lmsantosbr30@gmail.com](mailto:lmsantosbr30@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Maranhão, Programa de Pós-graduação em Engenharia da Computação e Sistemas  
- [anaxec1@gmail.com](mailto:anaxec1@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade CEUMA, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo - [paulomedeiros80@hotmail.com.br](mailto:paulomedeiros80@hotmail.com.br)

<sup>4</sup> Universidade CEUMA, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo - [davith29835@outlook.com](mailto:davith29835@outlook.com)

<sup>5</sup> Universidade CEUMA, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo - [luisjorgeed25@hotmail.com.br](mailto:luisjorgeed25@hotmail.com.br)

### RESUMO

Um navio do tipo Unidade Flutuante de Produção e Armazenamento (*Floating, Production, Storage and Offloading*- FPSO) é responsável pela produção e armazenamento do petróleo e do gás, o petróleo é escoado para a costa através do sistema de operação de offloading, ou de alívio. Para que seja possível essa transferência um navio aliviador se conecta ao FPSO e através de mangueiras flexíveis ou mangotes flutuantes o petróleo se desloca de um navio para outro. No entanto, é importante salientar que qualquer vazamento de óleo no mangote terá contato direto com o mar podendo gerar riscos e danos irreparáveis ao meio ambiente marinho e costeiro. Isto posto, ter noção da proporção do vazamento, do comportamento do óleo após o derrame e prever os volumes de óleo vazado é de extrema relevância para os próximos passos que serão tomados para reverter situação do acidente, esta previsão é possível de ser realizada através de modelagens computacionais aplicadas em softwares de simulações como o ANSYS Fluent, diante disto propõe-se uma simulação com base na técnica da Fluidodinâmica Computacional (*Computational Fluid Dynamics - CFD*) de um vazamento de óleo.

Palavras-chave: FPSO, offloading, vazamento de óleo, mangote flutuante, CFD.

### 1. INTRODUÇÃO

O petróleo é formado por inúmeros compostos químicos, como hidrocarbonetos, nitrogênio, enxofre, oxigênio, ácidos graxos e alguns metais pesados, desta forma torna um vazamento no mar um acidente incalculável, pois afeta plantas, peixes, mamíferos e toda a vida animal e vegetal de determinado ecossistema. Acidentes envolvendo a extração de óleo podem ocorrer não apenas durante a produção nas unidades offshore (plataformas e navios de produção), mas também no transporte do óleo, seja ele através de dutos ou de navios.

Um navio do tipo FPSO é responsável pela produção e armazenamento do petróleo e do gás, o gás é transportado por dutos, porém o óleo é direcionado a navios aliviadores que se conectam aos FPSO de tempos em tempos para que o petróleo seja transferido e levado até a costa, essa transferência é feita por mangotes que

(83) 3322.3222

[contato@conepetro.com.br](mailto:contato@conepetro.com.br)

[www.conepetro.com.br](http://www.conepetro.com.br)

ficam em alto mar conectando os dois navios e através de bombas o petróleo é impulsionado até o navio aliviador, com isso é realizada diversas manutenção nos mangotes de transferência, pois o rompimento de um causará derramamento em alto mar desencadeando diversos problemas.

Por tanto ter uma previsão da magnitude que um acidente por vazamento pode proporcionar é de suma importância, para que possa tomar as medidas cabíveis de forma mais rápida. E as técnicas de CFD é uma alternativa para ter o controle, noção do impacto e diminuir os prejuízos ambientais e financeiros causados pelo vazamento, visto que a ferramenta simula escoamento de fluidos, assim, tendo noção do comportamento do óleo derramado nas horas seguintes.

A fluidodinâmica computacional teve como origem a teoria de fenômenos de transporte e é um grupo de técnicas matemáticas, numéricas e computacionais que resultam em equações de grandezas físicas de interesse de um dado escoamento. No presente trabalho a modelagem computacional do fenômeno de escoamento é realizado a partir da aplicabilidade da ferramenta no software ANSYS Fluent, que é específico para simulações e problemas de engenharia.

## 2. SISTEMA DE ALIVIO DE UM FPSO

Um FPSO é um tipo de plataforma com forma de navio. Utilizado pela indústria petrolífera para a produção, armazenamento de petróleo, gás natural e escoamento da produção por navio aliviadores [Material Descritivo FPSO, Petrobras]. No convés do navio, é instalada uma planta de processo para separar e tratar os fluidos produzidos pelo poço. Depois de separado da água e do gás o petróleo é armazenado nos tanques do próprio navio, sendo transferido para um navio aliviador. Esse tipo de plataforma é utilizado em locais de produção distante da costa com inviabilidade de ligação por oleodutos ou gasodutos.

A operação de transferência é chamada de *offloading*, pode ser realizada pela monoboia basta o navio ter uma bomba chamada de *export pump* (bomba de exportação), ou periodicamente por um carretel de mangotes flutuantes que se conecta ao navio de alívio, está mangueira flexível fica a uma distância de cerca de 150 metros de um navio a outro, o óleo é bombeado por uma estação de medição.

O mangote de *offloading* é equipado em uma extremidade com uma válvula automática, que só pode ser aberta depois de estar corretamente

conectada ao flange fixo do navio aliviador. A transferência é realizada com o sistema de inertização ligado mantendo a pressão de trabalho e teor de oxigênio nos tanques em níveis normais de operação e segurança. Ao final da operação de transferência de óleo, o mangote passa por um processo de lavagem para remoção do óleo interior. Esse processo consiste no bombeio de água salgada num regime de fluxo turbulento, no sentido do FPSO para o navio aliviador. A água bombeada para limpeza do mangote é retornada ao FPSO e enviada para o *slop tank* e o mangote recolhido [MEDEIROS, Victor Alves, 2015].

### **3. IMPACTOS GERADOS PELO DERRAME DE ÓLEO NO MAR**

A probabilidade de um acidente ocorrer nessa operação é mínima, pois é realizado inspeções no mangote para que não ocorra nenhum vazamento, porem uma situação de vazamento no mesmo ocorreria diretamente ao mar, gerando diversos tipos de prejuízos. A recuperação do ambiente afetado pode levar dezenas de anos, e os danos ao ambiente podem ser irreversíveis, afetando as esferas econômica, ecológica e social [FELLER, 2012].

Uma série de processos físico-químicos ocorre quando o petróleo entra em contato com a água do mar [LOMBARDI, 2008]. Primeiro, o óleo se espalha pela superfície da água e é transportado pelo vento, correntes marítimas, ondas, pela ação das marés e da dinâmica costeira do local. Em seguida, o óleo se agrega aos organismos e partículas sólidas existentes na atmosfera e na água, para depois sedimentar. Os compostos que têm um ponto de ebulição menor evaporam por causa da velocidade do vento, temperatura da água, do ar e estado do mar. Por causa da evaporação um óleo leve pode perder mais de 70% de seu volume e um óleo médio pode perder até 40%. “A evaporação é o processo mais importante em termos de balanço de massa e pode ser responsável pela perda de 75% do volume em um derrame de óleo leve e 40% em um óleo médio”. [BÍCEGO, 2008]. Outro processo que pode acontecer é a emulsificação do óleo na água.

Os raios solares não ultrapassam a camada de petróleo formada. Assim, impossibilitando a fotossíntese, processo metabólico do qual depende toda a biota marinha. Também provoca uma enorme agressão irreversível na fauna e flora.

#### **4. FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL**

Proveniente das disciplinas de fenômenos de transporte e cálculo numérico, a técnica de CFD é bastante encontrada na engenharia em problemas de escoamento de fluidos. A Fluidodinâmica Computacional é o conjunto de ferramentas numéricas e computacionais utilizadas para resolver, visualizar e interpretar a solução das equações de balanço de massa, momento e energia. É capaz de reproduzir e prever fenômenos físicos e físico-químicos que ocorrem em um dado escoamento.

A ferramenta CFD utiliza-se de recursos computacionais e engloba um conjunto de técnicas matemáticas, numéricas e computacionais empregadas para realizar o estudo preditivo dos fenômenos de transporte [Mariano, 2008; Pierozan, 2011]. A realização de simulações apresenta diversas vantagens quando comparada com a realização de testes reais, pois normalmente o desenvolvimento das simulações computacionais é muito mais barato e mais rapidamente reproduzido. Além disso, a simulação CFD fornece informações mais detalhadas do que as obtidas através das medições e permite ainda simular condições difíceis de serem geradas na prática [Pierozan, 2011].

Uma previsão rápida e precisa do derramamento e dispersão do óleo poderia fornecer informações úteis para a criação de barreiras de contenção a fim de minimizar as consequências ambientais e os prejuízos financeiros gerados por estes acidentes [Oliveira, 2009; Zhu et al., 2014]. Neste contexto, a Fluidodinâmica Computacional (CFD) tem-se apresentado como uma ferramenta muito útil, pois permite, não só a monitorização e acompanhamento da situação, mas também a previsão do comportamento do óleo derramado nas horas seguintes [Lamine e Xiong, 2013; Pierozan, 2011].

#### **5. SIMULAÇÃO DE DERRAMAMENTO DE ÓLEO EM ÁGUA**

Para o presente artigo foi realizada uma simulação para avaliar o comportamento do petróleo após derramamento na água, a partir dela é possível tirar conclusões sobre o comportamento do óleo durante uma operação offloading, a simulação pode ser feita segundo as condições de contorno de cada situação, as imagens da mistura podem ser visualizadas nas figuras 1 e 2.

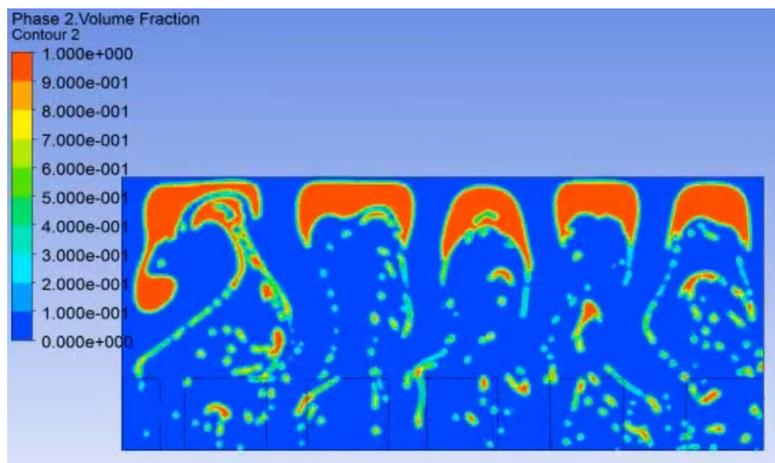


Figura 1 – Liberação de petróleo em água

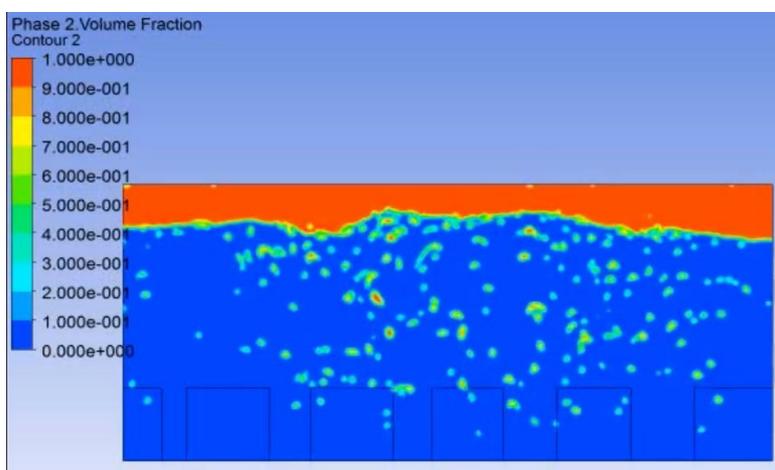


Figura 2 – Estabilização de petróleo em água

## 6. CONCLUSÃO

O modelo computacional utilizado mostrou a situação do óleo no momento da liberação ao mar e em seguida a estabilização, resultando em uma camada densa que provoca diversos problemas ao ambiente marinho. Em vista disso, é importante conhecer a melhor forma de remediar casos como estes. E de maneira precisa, rápida e economicamente viável as simulações originárias das técnicas da fluidodinâmica computacional geradas a partir do software ANSYS Fluent, ostentou ser elementar para ter controle, direção e iniciativa em situações de acidentes com vazamento de óleo no mar, assim diminuindo a probabilidade de erro, perda de tempo e conseqüentemente os prejuízos ambientais e econômicos reduziriam.

## REFERÊNCIAS

FELLER, R. Estudo do vazamento e captura de óleo em ambiente subaquático, UFSC/Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC (Dissertação de mestrado), 2012.

LAMINE, S; XIONG, D. Guinean environmental impact potential risks assessment of oil spills simulation. Ocean Eng., v. 66, p. 44-57, 2013.

BÍCEGO, M. C. et. al. Poluição por Petróleo. In: BATISTA NETO, José Antônio; WALLNER-KERSANACH, Mônica; PATCHINEELAM, Soraya Maia. Poluição Marinha. Rio de Janeiro. Interciência, 2008.

PIEROZAN, M. Validação de modelo para predição do coeficiente de descarga de um tanque esférico por dinâmica de fluidos computacional, UFRGS/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2011.

MEDEIROS, Victor Alves, O estado da arte FPSO. UFRJ/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

OLIVEIRA, B.; MARIANO, G.; QUADRI, M. Um estudo CFD de vazamento de óleo a partir de dutos submersos. VII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 2009.

LOMBARDI, A. T.; FERNANDEZ, M. In: BATISTA NETO, José Antônio; WALLNER-KERSANACH, Mônica; PATCHINEELAM, Soraya Maia. Poluição Marinha. Rio de Janeiro. Interciência, 2008.

Memorial Descritivo FPSO-P34 Petrobras – Disponível em:  
<http://www.petrobras.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8B2D164E8E695F014E9816632F3A73>. Acesso em: 07 de julho 2018.