



MODELAGEM COMPUTACIONAL 3D DO BLOWOUT DE POÇO DE PETRÓLEO – UM ESTUDO DE CASO NA BACIA DE CAMPOS COM O SOFTWARE MOHID

Pedro Mello Paiva¹, Jader Lugon Junior²

1. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE – email de contato: pedromellopaiva@gmail.com
2. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE, Doutor em Modelagem Computacional/UERJ

INTRODUÇÃO

O blowout de um poço de petróleo em águas profundas lança óleo e gás para o ambiente marinho sob a forma de um jato flutuante submerso. Após este lançamento, em função das interações do óleo e do gás com a massa da coluna d'água, diferentes tamanhos de gotículas e bolhas são formadas, em diferentes profundidades (ZHAO et al., 2014). Gotículas maiores e menores terão diferentes velocidades de subida, em função dos efeitos de flutuabilidade. Ryerson e colaboradores (2012) estimaram que o tempo de subida das gotículas maiores até a superfície seria de algumas horas, enquanto alguns dias ou semanas seriam necessários para as partículas menores atingirem a superfície, assim como aconteceu no acidente da Deepwater Horizon, em Macondo, no Golfo do México, no ano de 2010. Partículas menores podem se manter na coluna d'água por períodos prolongados devido a turbulência vertical, estratificação por densidade, ou pelo arraste das correntes oceânicas (JOHANSEN et al., 2003).

A grande maioria dos modelos para simulação do vazamento de óleo limita-se a representação da trajetória bidimensional da mancha, considerando efeitos como a evaporação e perda de massa devido ao intemperismo (FAY, 1971). Os modelos mais recentes estão buscando aperfeiçoar as previsões da trajetória ao longo da coluna d'água do óleo derramado em subsuperfície (PAIVA et al., 2016).

Recentemente alguns trabalhos de simulação 3D têm sido realizados com o objetivo de melhor entender os processos envolvidos ao longo da trajetória da pluma (PAIVA et al., 2016), dentre eles: o tamanho das gotículas, o arraste pelas correntes oceânicas, e a flutuabilidade do óleo.

A avaliação destes impactos e as medidas mitigadoras são muito dependentes de um melhor entendimento sobre o transporte e destino destas gotículas, assim como estimativas das parcelas que deixam de ser recuperada pelas embarcações (SOKLOFSKY et al., 2015).

METODOLOGIA

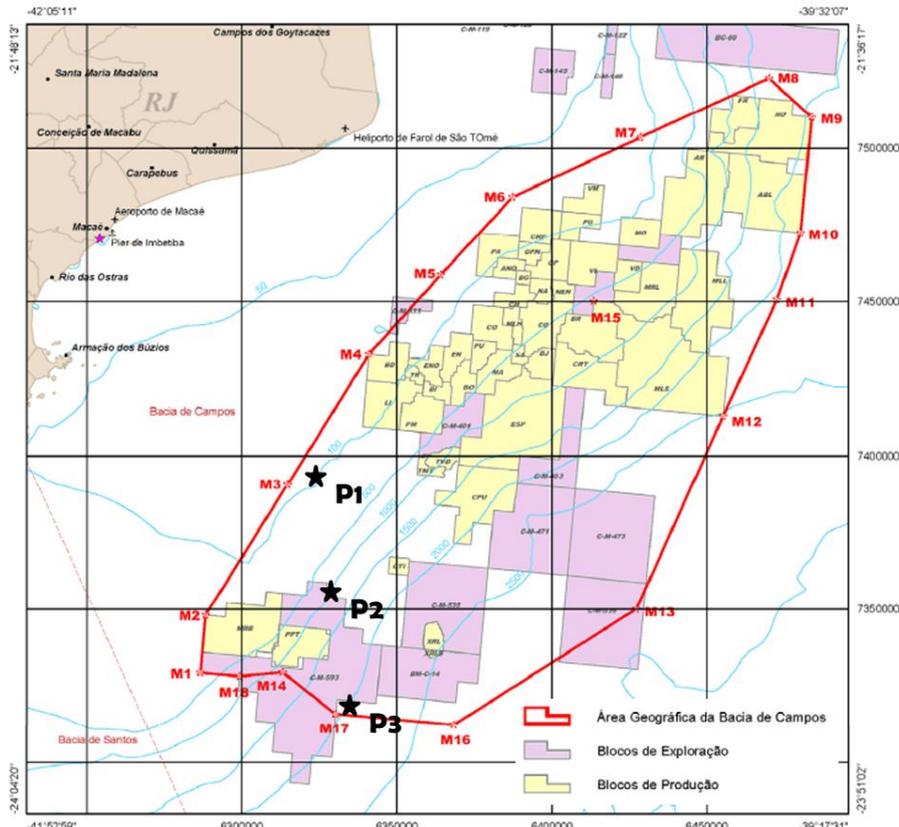
O MOHID é uma plataforma de simulação hidrodinâmica e transporte de constituintes em suspensão e solução. O MOHID tem sido aplicado em diversas regiões costeiras e estuarinas, mostrando-se capaz de simular complexas características presentes em escoamentos observados nessas regiões.

Neste presente trabalho, o software MOHID foi utilizado para simular os blowouts de poços de petróleo na região da Bacia de Campos em diversos cenários, permitindo um confronto entre os resultados obtidos e a simplificação, tipicamente aplicada nos modelos bidimensionais, de que o vazamento ocorre todo na superfície. O objetivo dos cenários propostos foi testar a sensibilidade do modelo às diferentes profundidades de vazamento, às variações das correntes oceânicas devido à sazonalidade, e às distintas velocidades de subida das gotículas, correspondentes aos diâmetros

adotados.

Foram adotadas como origem dos vazamentos, sejam eles em superfície ou em profundidade, os pontos cujas coordenadas estão representadas na Figura 1, pertencentes ao polígono que define a região da bacia de campos na UO-BC. As profundidades dos poços P1, P2 e P3 foram assumidas, de acordo com a batimetria de região: 80, 1400 e 2000 metros, respectivamente.

Figura 1 - Pontos de interesse para os cenários simulados



Fonte: Adaptado do PEVO-BC

DESENVOLVIMENTO

Após as 48 horas simuladas, as posições finais de longitude e latitude das partículas de cada um dos cenários (diferentes poços; períodos de verão e inverno; e uso de dispersante), foram confrontadas com as posições finais das partículas dos respectivos vazamentos em superfície por meio do cálculo de normas de “deslocamento” e de “espalhamento”.

A medida da norma “deslocamento” foi proposta, com a finalidade de identificar o quanto a trajetória de subida da partícula ao longo da coluna d’água impacta nas suas coordenadas geográficas finais. Esta medida busca quantificar o distanciamento entre a média das posições das partículas do caso “i”, e a média das posições das partículas do vazamento correspondente em superfície. O cálculo do deslocamento para os diferentes cenários foi proposto conforme equação (1):

$$Deslocamento (km) = \sqrt{(\mu_{xi} - \mu_{xsup})^2 + (\mu_{yi} - \mu_{ysup})^2} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

μ : média

x_i : referente a longitude do cenário i

x_{sup} : referente a longitude do correspondente vazamento em superfície

y_i : referente a latitude do cenário i

x_{sup} : referente a latitude do correspondente vazamento em superfície

Por outro lado, com o objetivo de avaliar o efeito da trajetória de subida no espalhamento das partículas, ou seja, no distanciamento destas em relação à posição média, foi proposta norma “espalhamento”, utilizando o valor do desvio padrão da distribuição de longitudes e longitudes dos diversos cenários “ i ”, e confrontando-os com os mesmos valores dos correspondentes vazamentos em superfície. O cálculo do espalhamento relativo para os diferentes cenários foi proposto conforme equação (2):

$$\text{Espalhamento (\%)} = \frac{\sqrt{(\sigma_{x_i} + \sigma_{y_i})^2}}{\sqrt{(\sigma_{x_{sup}} + \sigma_{y_{sup}})^2}} - 1 \quad (2)$$

Onde:

σ : desvio padrão

x_i : referente a longitude e cenário i

x_{sup} : referente a longitude e correspondente vazamento em superfície

y_i : referente a latitude e cenário i

x_{sup} : referente a latitude e correspondente vazamento em superfície

Os valores de deslocamento e espalhamento calculados para os cenários envolvendo as coordenadas do Poço 1 foram bem baixos. Ainda assim, as pequenas variações encontradas, independentemente das demais situações de aplicação de dispersante, ou de sazonalidade, devem-se muito mais às fortes correntes das águas mais rasas do que ao efeito da trajetória das partículas ao longo da coluna d’água propriamente dito.

A Tabela 3 apresenta os valores médios de deslocamento e espalhamento para todos os cenários de cada poço, e consolida a constatação de que as variações no Poço 1 são pequenas, seja qual for o cenário adotado, tanto para o deslocamento, quanto para o espalhamento. Quando os resultados do Poço 1 são confrontados com os cenários de blowout que ocorrem em maiores profundidades (Poço 2 e Poço 3), há uma tendência de aumentar de três a quatro vezes a média do deslocamento.

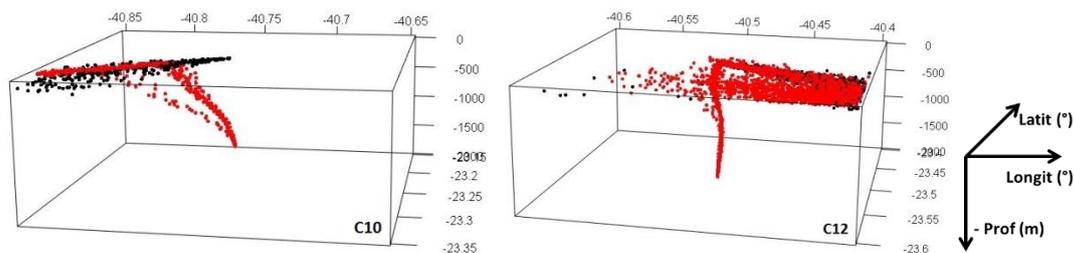
Tabela 1 – Resultados para as diferentes profundidades

	Média do Deslocamento (km)	Média do Espalhamento
Poço 1	2.92	4%
Poço 2	12.58	-26%
Poço 3	8.59	-33%

O aumento do deslocamento com a profundidade deve-se ao maior tempo que as partículas permanecem na coluna d’água, em um movimento distinto do que estaria imprimindo caso estivesse em superfície. Em geral, profundidades maiores estão associadas a velocidades de corrente mais baixas, justificando também a tendência de redução do espalhamento.

Este efeito fica bem visível ao se comparar os cenários C10 (Poço 2, 1.400 metros de profundidade) e C12 (Poço 3, 2.000 metros de profundidade), conforme a Figura 2. As partículas vermelhas representam as posições finais dos vazamentos em profundidade, e as partículas pretas representam as posições finais do correspondente vazamento em superfície, a partir da mesma coordenada geográfica.

Figura 2 – Efeito da profundidade: cenários C10 e C12



CONCLUSÃO

A forte sensibilidade dos resultados em relação às variações na magnitude das correntes oceânicas contribuiu para que os resultados obtidos neste trabalho indiquem que o uso da modelagem tridimensional é uma ferramenta importante para o entendimento dos cenários de blowout de poços de petróleo em águas profundas (300 a 1.500 metros) e ultraprofundas (a partir de 1.500 metros). Os resultados indicam que o modelo 3D não é dispensável para os cenários estudados em condições de águas rasas (até 300 metros), mas traz poucos ganhos em relação à simplificação bidimensional.

Ressalta-se que também se demonstrou de extrema relevância a adequada estimativa da dimensão das gotículas. Como foi possível observar, quando são adotados diâmetros de partículas inferiores ao diâmetro crítico, as velocidades de subida são muito baixas e há a tendência de formação das intrusões, que alteram significativamente o tempo e a posição de chegada das gotículas à superfície.

REFERÊNCIAS

- FAY, J. A. Physical processes in the spread of oil on a water surface. In: INTERNATIONAL OIL SPILL CONFERENCE. American Petroleum Institute, 1971. p. 463-467.
- JOHANSEN, O.; RYE, H.; COOPER, C. DeepSpill-Field study of a simulated oil and gas blowout in deep water. **Spill Science & Technology Bulletin**, v. 8, n. 5-6, p. 433-443, 2003.
- PAIVA, P. M. et al. Modelagem computacional 3D do blowout de poço de petróleo: revisão sobre requisitos ambientais e metodologia. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**. Essentia Editora, *in press*.
- RYERSON, T. B. et al. Chemical data quantify Deepwater Horizon hydrocarbon flow rate and environmental distribution. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.109, p. 20246-20253.
- SOCOLOFSKY, S. A. et al. Intercomparison of oil spill prediction models for accidental blowout scenarios with and without subsea chemical dispersant injection. **Marine pollution bulletin**, v. 96, n. 1, p. 110-126, 2015.
- ZHAO, L. et al. Evolution of droplets in subsea oil and gas blowouts: Development and validation of the numerical model VDROD-J. **Marine Pollution Bulletin**, v. 83, n. 1, p. 58-69, 2014.