



Copyright 2005, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

DESEMPENHO DO MODELO OOC NA MODELAGEM DE DESCARTES EM ÁGUAS PROFUNDAS

Pivel, M.A.G.¹, Comba, J.L.D.², Binotto, A.D.², Freitas, C.M.D.S.²

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91.501-970, Caixa Postal 15001, Porto Alegre, RS, mariale33@lycos.com

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Informática, Av. Bento Gonçalves, 9500, bloco IV. 91.501-970 Porto Alegre, RS, carla@inf.ufrgs.br

Resumo – Neste trabalho apresenta-se uma verificação do Modelo de Descarga de Lama e Água Produzida do *Offshore Operators Committee* (Modelo OOC) em um ambiente de águas profundas, na Bacia de Campos. A verificação foi feita através da comparação das observações obtidas em campo e das estimativas obtidas com uma modelagem realizada com dados reais (modelagem de *hindcast*) descrevendo as condições de descarga, o tipo de material descarregado e as características do ambiente receptor. O Modelo forneceu estimativas satisfatórias tanto em termos de dimensão e localização da área afetada pelo descarte como da espessura máxima esperada. Em áreas onde se tem um conhecimento razoavelmente detalhado das características hidrodinâmicas, o Modelo OOC pode constituir uma ferramenta valiosa para a determinação do grau de impacto potencial associado à atividade de perfuração.

Palavras-Chave: perfuração; modelagem; descargas, óleo e gás.

Abstract – We present a verification of the Offshore Operators Committee Mud and Produced Water Discharge Model (OOC Model) in a deep water environment in Campos Basin. The verification was made by comparing field observations with the estimates provided by a hindcast modeling, i.e., a model based on real data describing the discharge conditions, the discharged material and the receiving environment. The Model provided satisfactory estimates both in terms of dimension and localization of the area affected by the discharges and also in terms of the maximum expected accumulated thickness. In areas where there is reasonable knowledge of the hydrodynamics, the OOC Model can be a valuable tool to determine the degree of potential impact associated to drilling activities.

Keywords: drilling, modeling, discharges, oil and gas.

1. Introdução

Os modelos de descarga de material de perfuração foram desenvolvidos com o fim de prever o comportamento do material lançado no mar sob uma ampla variedade de condições ambientais e de descarga. À medida que os modelos evoluem e a sua capacidade de previsão melhora, mais confiáveis eles se tornam e maior passa a ser sua aplicabilidade como auxílio ou mesmo como uma alternativa aos dispendiosos trabalhos de campo.

A confiabilidade dos modelos deve ser testada em laboratório e no campo. Até hoje, a maior parte dos trabalhos de validação dos modelos de descarga realizados no campo foram em águas rasas. Um dos modelos mais utilizados é o Modelo de Descarga de Lama e Água Produzida (*Mud and Produced Water Discharge*) do *Offshore Operators Committee*, conhecido como modelo OOC (Brandsma & Smith, 1999). A confiabilidade do modelo foi testada com sucesso em experimentos de laboratório (Nedwed et al., 2004) e no campo (Smith et al., 1994, Smith et al., 2004).

Neste trabalho foi feita uma avaliação dos resultados do modelo OOC na simulação do comportamento de descargas de material produzido pela perfuração em águas profundas. O trabalho é parte do projeto MAPEM (Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima, um projeto de monitoramento ambiental desenvolvido com o objetivo de avaliar o impacto da atividade de perfuração exploratória sobre dois ecossistemas bentônicos oceânicos, um em águas rasas e outro em águas profundas, quando submetidos aos efeitos da descarga de cascalhos de perfuração impregnados com fluido base não-aquosa (*non-aqueous fluid* – NAF) (Toldo Jr & Ayup-Zouain, 2004). A área de monitoramento em águas profundas se localiza em torno do Poço Eagle, a aproximadamente 900m de profundidade, no Bloco BC-9 da Bacia de Campos, o qual foi perfurado pela empresa Unocal, em junho de 2001. Três cruzeiros foram realizados pelo projeto MAPEM na área, sendo o primeiro no período que antecedeu a perfuração (abril de 2001) e os outros dois, pós-perfuração, em julho de 2001 e julho de 2002, respectivamente. O monitoramento envolve análises geológicas, químicas e biológicas da área, além da modelagem estatística para análise do impacto pós-perfuração.

2. Metodologia

Durante as fases de perfuração e descarga, foram coletados dados que permitiram realizar uma simulação com dados reais (simulação de *hindcast*). Posteriormente, os dados coletados nos cruzeiros pós-perfuração forneceram as observações de campo necessárias para a verificação do modelo. Esta foi realizada através da comparação dos resultados da modelagem baseada em dados reais da etapa de perfuração e descarga com as observações de campo dos cruzeiros pós-perfuração.

O processo de perfuração é constituído de uma fase sem retorno e uma segunda, com retorno. Na fase sem retorno a perfuração foi feita com água do mar e também foi utilizado fluido de base não-aquosa (WBF). Na fase com retorno, utilizou-se um fluido de perfuração não-aquoso (NAF). Foram simuladas as descargas de ambas as fases.

Os volumes de cascalhos descarregados foram estimados a partir das dimensões do poço perfurado e da percentagem de *washout*. O volume de NAF foi estimado assumindo 10% em massa de fluido base aderido aos cascalhos. O volume de WBF foi informado pela empresa de perfuração (Unocal). As classes de sólidos descarregados se basearam nas informações fornecidas pela ExxonMobil assim como nas relatadas no Manual do Modelo OOC.

O ambiente receptor foi caracterizado em detalhe por uma completa base de dados contendo: dados de correntes medidas no local do poço durante o período de perfuração com perfilador de correntes tipo doppler acústico (ADCP), dados de hidrografia obtidos com um perfilador de condutividade, temperatura e profundidade (CTD) e dados de batimetria.

O Modelo OOC assume que, durante a simulação, a taxa de descarga é constante. Além disso, simulações muito longas poderiam causar problemas na fase de dispersão passiva. Dados estes aspectos e as diferenças de configurações nas diversas etapas do processo de perfuração e descarga, este foi modelado através de uma sequência de 14 simulações, cujos resultados foram então integrados.

Os dados de campo utilizados para comparação foram obtidos através de levantamento com sonar de varredura lateral e com a coleta de amostras de *box-corer* distribuídas em uma malha de 54 estações, sendo 48 delas ao longo de oito radiais saindo do poço até uma distância de 500m, e as 6 restantes, estações de referência, localizadas a 2.500m de distância do poço. Todas as informações de campo foram analisadas e integradas pelo grupo de Estatística do projeto MAPEM (Fachel et al., 2004).

3. Resultados

As estimativas de acumulação de material no fundo do mar obtidas com a modelagem mostraram que as maiores espessuras acumuladas estão associadas à fase sem retorno, quando a descarga é feita a uma profundidade de poucos metros acima do fundo. Para esta fase, estimou-se uma espessura máxima de 66 cm. No entanto, esta espessura significativa estaria limitada a uma área muito pequena. Já, a área total afetada por uma espessura de depósito maior que 0,1 cm afetaria a área em torno do poço até os 50m de distância, aproximadamente.

Na fase sem retorno, também ocorreu o descarte de fluido de base aquosa. No entanto, a espessura dos depósitos associados a este descarte foi muito pequena em comparação com os demais descartes, já que os sólidos destes últimos correspondem apenas às partículas finas que compõem o fluido.

Já na fase com retorno, por ser um descarte próximo à superfície do mar, o espalhamento do material foi maior, mas a maior espessura acumulada foi de apenas 0,76 cm. A área com espessura maior que 0,1 cm ocupa aproximadamente 82000 m², o que equivale à área de um círculo de aproximadamente 160 m de raio.

A soma das estimativas de espessura de ambas as fases, sem retorno e com retorno, reflete o espalhamento e abrangência dos depósitos da fase com retorno e as maiores espessuras próximas ao poço associadas aos depósitos da fase sem retorno (figura 1b).

As amostras coletadas no campo foram analisadas do ponto de vista geológico, químico e biológico, e os dados foram posteriormente integrados e analisados em detalhe pelo grupo de estatística, o qual identificou a área afetada pelas descargas baseado em variáveis indicadoras do material de perfuração. Estas variáveis permitiram distinguir, por um lado, uma área afetada apenas pelos descartes da fase sem retorno e, por outro, uma área afetada pelos descartes de ambas as fases (com e sem retorno). A figura 1 mostra a comparação da área onde as variáveis indicaram alterações (fig. 1a) com a área que foi afetada, segundo as estimativas do modelo (fig. 1b).

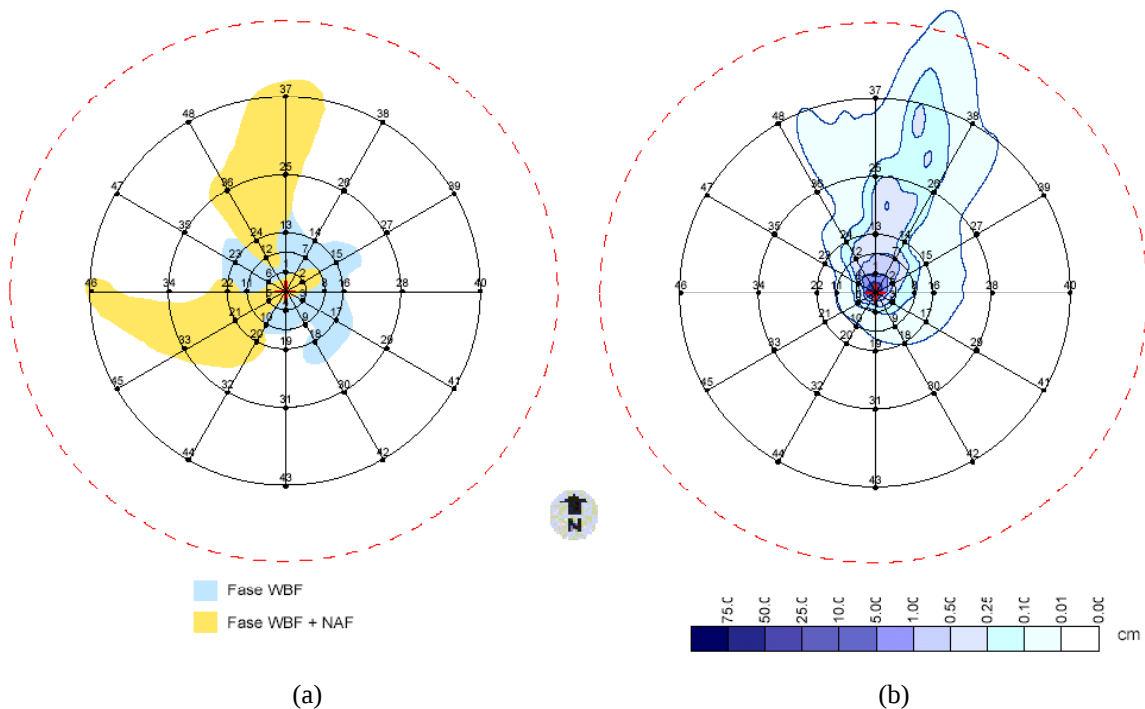


Figura 1 – Comparação da área apresentando variáveis indicadoras do material descarregado (a) com a área considerada como afetada pelo modelo *hindcast* de simulação (b).

A observação da figura mostra que a previsão do modelo pode ser considerada muito satisfatória em termos de extensão em área e em termos de espessura dos depósitos, mas que existem algumas discrepâncias em termos da configuração da área de deposição.

Tanto nas observações de campo como nas estimativas do modelo se observa um espalhamento preferencial para o norte. A principal discrepância é o espalhamento observado no sentido oeste, apontado pelas variáveis indicadoras, que não aparece nos resultados da simulação.

A discrepância entre a configuração prevista e a observada está provavelmente relacionada ao fato das taxas e tempos de descarga utilizados nas simulações terem sido estimados a partir de medidas indiretas, podendo não terem sido registrados eventos importantes de fluxo intenso de descarga. A impossibilidade de controlar ou medir completamente as condições do ambiente e, principalmente, os fatores que influenciam a taxa de descarga certamente introduz incertezas no processo de simulação.

Apesar das diferenças de configuração, observa-se que a extensão da área afetada é semelhante. Em ambos os casos a área afetada se concentra nos primeiros 150 m de distância do poço e os efeitos diminuem rapidamente com o aumento da distância do poço.

Em relação à espessura dos depósitos, as previsões do modelo tinham mostrado que, nas condições de descarga do Poço Eagle, não se formariam pilhas de cascalhos associadas à fase com retorno (a espessura máxima prevista para esta fase era de apenas 0,76 cm). Na fase sem retorno, a espessura estimada foi maior, mas por se tratar de material fino e sem o recobrimento de NAF, não se esperava encontrar pilhas de cascalhos preservadas. Uma modelagem preditiva realizada por Melton et al. (2000) para um poço teórico em condições semelhantes às do Poço Eagle, chegou a um valor de espessura máxima estimada de 1,3 cm. Imagens de sonar de varredura obtidas na área do Poço Eagle e fotografias

dos *box-cores* coletados no local (Corrêa et al., 2004) mostraram que, de fato, a área com a cobertura mais densa de cascalhos foi muito restrita, e que a espessura máxima acumulada foi pequena. Isto significa que tanto o modelo de previsão como o modelo com dados reais (modelo de *hindcast*) forneceram estimativas válidas.

4. Conclusões

A simulação do descarte de material de perfuração em águas profundas feita com o Modelo OOC forneceu estimativas satisfatórias em termos de dimensão e localização da área afetada pelos descartes e da espessura máxima esperada. Observou-se uma boa concordância entre as estimativas de espessura obtidas pela modelagem realizada com os dados obtidos em campo durante o período de perfuração e descarte (modelagem de *hindcast*) e as estimativas da modelagem de previsão (*forecast*) de Melton et al. (2000).

A capacidade de previsão do modelo é determinada pela precisão dos dados de entrada. Pequenas incertezas, principalmente associadas à própria atividade de descarga, introduzem um erro que se traduz em divergências entre a configuração espacial prevista e a observada. No entanto, mais importante do que a configuração da área afetada, as estimativas de extensão em área e de espessura dos depósitos mostraram que o modelo produz estimativas coerentes com as observações de campo.

Os resultados mostram que, em locais onde se tem conhecimento razoável das características hidrodinâmicas, o Modelo OOC pode constituir uma ferramenta valiosa para a determinação do grau de impacto potencial associado à atividade de perfuração.

5. Agradecimentos

Este trabalho corresponde a resultados obtidos no contexto do projeto MAPEM, convênio FAURGS / FINEP-CTPETRO / IBP. Agradecemos o apoio de Tim Nedwed na solução de dúvidas em relação ao comportamento do modelo OOC. Agradecemos, também, a Silvia Coan e Carla D'Aquino, que participaram da fase inicial do projeto MAPEM, no pré-processamento de dados de corrente.

6. Referências

- BRANDSMA, M., SMITH, J.P., 1999. *Offshore Operators Committee Mud and Produced Water Discharge Model – Report and User Guide* – Exxon Production Research Company.
- CORREA, I.C.S., TOLDO Jr., E.E., TOLEDO, F.A.L. Geologia. In: Toldo Jr. E.E., Ayup-Zouain, R.N. (Eds.). *MAPEM- Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima: Águas Profundas*. CD-Rom. Porto Alegre, pp. 38- 141, 2004.
- FACHEL, J.M.G.; AYUP-ZOUAIN, R.N. , PULGATI, F.H. Definição da Área Alterada pela Atividade de Perfuração. In: Toldo Jr. E.E., Ayup-Zouain, R.N. (Eds.) *MAPEM- Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima: Águas Profundas*. CD-Rom. Porto Alegre, pp. 270- 297, 2004.
- MELTON, H.R., SMITH, J.P., MARTIN, C.R., NEDWED, T.J., MAIRS, H.L., RAUGHT, D.L. Offshore Discharge of Drilling Fluids and Cuttings – A Scientific Perspective on Public Policy. Rio Oil and Gas Expo and Conference, 2000.
- NEDWED, T.J., SMITH, J.P., BRANDSMA, M.G. Verification of the OOC Mud and Produced Water Discharge Model Using Lab-Scale Plume Behavior Experiments. *Environmental Modelling & Software*, v. 19, p. 655-670, 2004.
- NETTO, S.A., GALLUCCI, F., FONSECA, G. Deep-sea meiofauna response to NAF cuttings discharge in the Campos Basin (Brazil). (manuscrito submetido para publicação)
- SMITH, J.P., MAIRS, H.L., BRANDSMA, M.G., MEEK, R.P., AYERS Jr, R.C. Field Validation of the Offshore Operators Committee (OOC) Produced Water Discharge Model. In: *Proceedings of the Society Petroleum Engineers*, 69th Annual Technical Conference and Exhibition. New Orleans, LA, Paper SPE 28350, September 25-28, 1994.
- SMITH, J.P., BRANDSMA, M.G., NEDWED, T.J. Field Verification of the Offshore Operators Committee (OOC) Mud and Produced Water Discharge Model. *Environmental Modelling & Software*, v. 19, p.739-749, 2004.
- TOLDO JR. E.E., AYUP-ZOUAIN, R.N. *MAPEM- Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima: Águas Profundas*. CD-Rom. Porto Alegre, 2004.