

ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DA CIRCULAÇÃO DE BRISA EM MODELO DE TRANSPORTE DE POLUENTES NO RIO SOLIMÕES

Mariana Palagano Ramalho Silva¹ (LAMCE/COPPE/UFRJ), Audálio Rebelo Torres Júnior² (Dpto. de Meteorologia/UFRJ), Ricardo Marcelo da Silva¹ (LAMCE/COPPE/UFRJ), Luiz Landau¹ (LAMCE/COPPE/UFRJ)

¹Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Cidade Universitária – Rio de Janeiro.
palagano@lamce.ufrj.br

²Av. Brigadeiro Trompowski s/n, sala H2008, Ilha do Fundão – Cidade Universitária – Rio de Janeiro

A bacia hidrográfica do Rio Solimões é hoje de grande importância para a produção de petróleo e gás natural do Brasil. Partindo do Terminal do Solimões (TESOL), localizado a 16 quilômetros da cidade de Coari, o óleo produzido na região de Urucu, maior província petrolífera terrestre do país, é transportado até Manaus, onde está localizada a Refinaria Isaac Sabbá (REMAN). Atividades relacionadas à produção e transporte de petróleo e gás em ambientes aquáticos podem implicar em impactos ao meio ambiente. Dentro desse contexto, estudos vêm sendo realizados utilizando-se ferramentas computacionais capazes de diagnosticar e prognosticar o comportamento de fluidos em resposta a forçantes atuantes no meio. A modelagem numérica computacional como subsídio para o conhecimento da hidrodinâmica, é uma das mais importantes fontes de informação para a elaboração de medidas preventivas de danos ao meio ambiente. No entanto, sabe-se que o padrão de circulação (correntes) nos rios e oceanos é dependente do regime de ventos, nas diversas escalas espaço-temporais na atmosfera, que predomina em uma região. No caso dos rios especificamente, a circulação de brisa possui uma influência na trajetória de poluentes à deriva nos mesmos, já que uma componente de vento transversal a calha do rio pode gerar um acúmulo destes poluentes em uma das margens. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência deste tipo de circulação de mesoescala em um modelo de transporte de constituintes, visando assim, uma maior eficiência no controle e contenção de poluentes à deriva na superfície da água.

Brisa de rio, circulação, poluentes, rio Solimões.

1. INTRODUÇÃO

A atividade de exploração e produção de petróleo no Brasil cresceu significativamente nos últimos anos. A decisão por parte dos governos, objetivando tornar o país auto-suficiente na produção de petróleo até o ano de 2006, teve importância marcante no crescimento dessa atividade. Com o início da exploração dos campos localizados em regiões *offshore* na década de 70, o Brasil se posicionava internacionalmente como País produtor de petróleo. No entanto, a produção e o transporte de petróleo e refinados, pode eventualmente ter consequências indesejáveis, como derramamentos e vazamentos de óleo. Apesar da maioria dos acidentes ser de pequeno porte, alguns são grandes o bastante para causar sérios impactos ao meio ambiente. Assim, o interesse em possíveis danos causados por derramamentos de óleo no meio marinho e rios de grandes extensões tem levado ao desenvolvimento de modelos computacionais capazes de simular a hidrodinâmica e o transporte de manchas de óleo na superfície da água (Mehdi, 2005).

No caso dos rios especificamente, diversos fatores determinam a circulação do mesmo, no entanto, influências meteorológicas são verificadas, principalmente quando geram uma componente de transporte perpendicular a sua calha, como pode ocorrer no caso do fenômeno atmosférico conhecido como brisa de Rio. Neste caso, verifica-se a tendência de acúmulo destes poluentes em uma das margens, trazendo consequências graves ao meio ambiente.

O efeito de brisa de rio, como observado nos grandes e extensos rios da região amazônica, ocorre basicamente devido ao aquecimento diferencial durante o dia e a noite, entre a superfície de terra e a de água, em função da diferente capacidade de absorção de calor destes dois meios. Este aquecimento diferenciado, promove a formação de um sistema de baixa pressão atmosférica sobre a superfície mais aquecida, favorecendo o movimento ascendente do ar nesta região. Entretanto, este movimento ascendente gera ainda um fluxo em baixos níveis da região mais fria para a mais aquecida e o oposto em altos níveis, o que faz com que surja uma célula de circulação no plano vertical. Esta célula se inverte em função do aquecimento diurno, gerando o fenômeno de brisa de rio com período de aproximadamente 24 horas. Este efeito é análogo ao observado no caso de brisa marítima (Oliveira e Fitzjarrald, 1993 e Silva Dias *et al.*, 2004). Estas influências são mais intensas nas regiões em que a largura do rio é considerável, tais como próximo à Manaus (confluência os Rios Negro e Solimões), Santarém (Rios Tapajós e Amazonas) e Belém (Rios Tocantins e parte sul da Foz do Rio Amazonas) (Fisch *et al.*, 1996).

Estudos recentes de modelagem numérica atmosférica mostram bons resultados quando se utilizam modelos numéricos de alta resolução, como o “*Regional Atmospheric Modeling System*” (RAMS), para simular o efeito de brisa de rio, como o desenvolvido por Silva Dias *et al.* (2004). Neste estudo, foi selecionado um evento de brisa de rio intenso ocorrido no dia 28 de julho de 2001 na região de confluência entre os Rios Tapajós e Amazonas, devido ao enfraquecimento do sistema de circulação dominante na região, dos ventos alíseos. Este enfraquecimento foi possivelmente provocado pela penetração de ar frio polar que se move transversalmente pelo Sudoeste do Brasil e pelo sul da Bacia Amazônica, modificando extremamente a estrutura atmosférica e as condições climáticas. Este fenômeno é conhecido localmente como friagem (Marengo *et al.*, 1997).

Assim, o objetivo deste trabalho é utilizar o modelo de previsão numérica do tempo “*Mesoscale Model Fifth Generation*” (MM5) para simular o regime de circulação dos ventos da região do Rio Solimões onde se encontram o TESOL e a REMAN, na tentativa de capturar o efeito de brisa de rio em escala regional. A partir dos resultados obtidos pelo modelo atmosférico, deseja-se aplicar e avaliar esta influência regional em um modelo de transporte lagrangeano de constituintes nas águas do Rio Solimões. Para isso, foi selecionado o período entre os dias 25 e 26 de maio de 2007 como objeto deste estudo. Deseja-se ainda, comparar este resultado com o obtido quando estes efeitos atmosféricos locais não são considerados.

2. METODOLOGIA

Neste item, será detalhada a metodologia empregada neste trabalho. Assim, serão apresentadas na sequência, uma descrição da área de estudo, uma descrição do modelo numérico de previsão do tempo utilizado para a simulação das condições atmosféricas (MM5), em especial, do regime de ventos, e uma descrição do modelo lagrangeano de dispersão de poluentes em meio aquoso “*General NOAA Oil Modeling Environment*” (GNOME).

2.1 Descrição da área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Solimões é hoje de grande importância para a produção de petróleo e gás natural do Brasil. Partindo do TESOL, localizado a 16 quilômetros da cidade de Coari, o óleo produzido na região de Urucu, maior província petrolífera terrestre do país, é transportado até Manaus, onde está localizada a REMAN. Assim, a região contemplada neste experimento, engloba estes dois importantes terminais e pode ser observada na Figura 1.

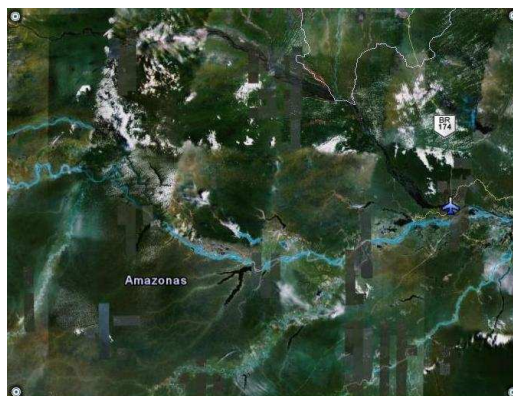


Figura 1. Rio Solimões e parte da região amazônica englobada pelo estudo numérico. Fonte: Google Earth, 2007.

Ainda neste contexto, diversos estudos vêm sendo realizados na região Amazônica a fim de avaliar os riscos ambientais causados pela exploração de petróleo e gás, como é o caso do Projeto Potenciais Impactos e Riscos Ambientais da Indústria do Petróleo e Gás no Amazonas (PIATAM). Um dos objetivos principais do projeto é implementar a utilização de sistemas de monitoramento e modelagem ambiental através de recursos tecnológicos de última geração (PIATAM, 2007). Dentro do projeto, está prevista a instalação, no TESOL, cuja vista aérea pode ser observada na Figura 2a, uma estação meteorológica automática para monitoramento constante das condições atmosféricas da região. Esta estação será uma rica fonte de dados para a aferição e verificação dos resultados das simulações atmosféricas e de dispersão de poluentes realizadas para a região, além de dar subsídios para o maior entendimento dos fenômenos físicos de diversas escalas temporais e espaciais que interagem e afetam a mesma. A localização da estação meteorológica a ser instalada pode ser observada na Figura 2b.



Figura 2. a) Vista aérea do Terminal do Solimões (TESOL) (a bandeirinha amarela mostra o ponto onde será instalada a estação meteorológica do projeto PIATAM) e b) foto do local selecionado para a instalação da mesma.

2.2 Descrição do MM5

O modelo MM5, cuja descrição detalhada pode ser encontrada em Dudhia *et al.* (2004) e Grell *et al.* (1994). O MM5 é um modelo de simulação numérica desenvolvido no final da década de 70 pela *Penn State University* (PSU) em conjunto com o *National Center for Atmospheric Research* (NCAR). Atualmente se encontra na 5a. geração e possui como características principais a capacidade de múltiplos aninhamentos de grade, dinâmica não hidrostática e assimilação de dados em 4 dimensões, além de várias parametrizações físicas e portabilidade em diversas plataformas computacionais, incluindo o sistema LINUX. O MM5 utiliza um sistema de coordenadas sigma e resolve as equações de *Navier-Stokes* em três dimensões, a equação da continuidade, a 1ª. Lei da Termodinâmica e a equação de transferência radiativa (Corrêa *et al.*, 2006 e Silva, 2005).

Neste estudo, foram utilizadas 3 grades aninhadas com resoluções espaciais de aproximadamente 20 km, 6 km e 2 km respectivamente, centradas próximas ao TESOL (latitude: 3,95°S e longitude: 63,01°W), cada uma com 23 níveis na vertical. Uma distribuição espacial destas grades pode ser observada nas Figuras 3a e 3b. Ressalta-se que, a área de abrangência da primeira grade da simulação, coincide com a mostrada na Figura 1. Como condição inicial e de contorno lateral, foram utilizados dados do “*Global Forecasting System*” (GFS) desenvolvido pelo “*National Centers for Environmental Prediction*” (NCEP), que estão disponíveis em arquivos de 3 em 3 horas e possuem resolução espacial de 1° de latitude e longitude. Já como condição de contorno para as categorias de uso do solo, foram utilizados dados do “*United States Geological Survey*” (USGS), com aproximadamente 1 km de resolução espacial. Observa-se ainda nas Figuras 3a e 3b, uma representação das categorias de uso de solo, na escala de cores, para as duas grades de maior resolução espacial utilizadas neste experimento.

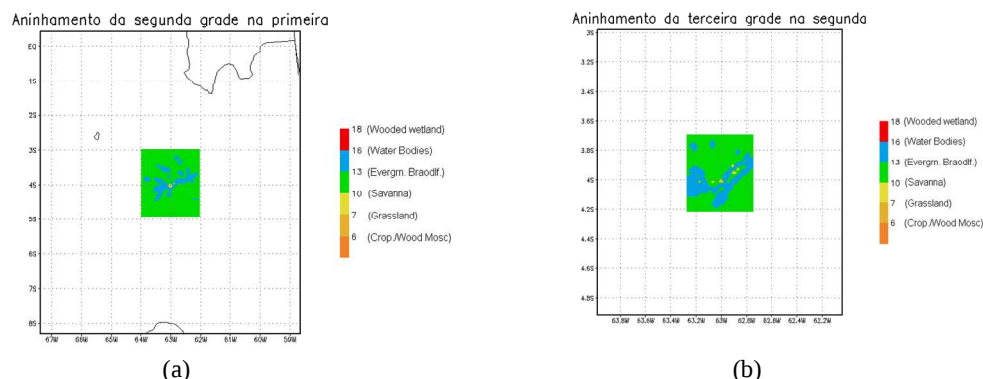


Figura 3. Localização espacial das 3 grades utilizadas: aninhamento (a) entre as grades de aproximadamente 20 km e 7 km de resolução espacial e (b) entre as grades de aproximadamente 7 km e 2 km de resolução espacial. A escala de cores representa as categorias de uso do solo extraídas do USGS.

Observa-se nas Figuras 4a e 4b, uma comparação subjetiva das categorias de uso do solo utilizadas na simulação numérica com a imagem obtida através do *Google Earth* (Google Earth, 2007). Ressalta-se que a área representada pelas duas Figuras é a mesma, a fim de facilitar a comparação. Nota-se que a base de dados representa de maneira satisfatória as características físicas da região de estudo.

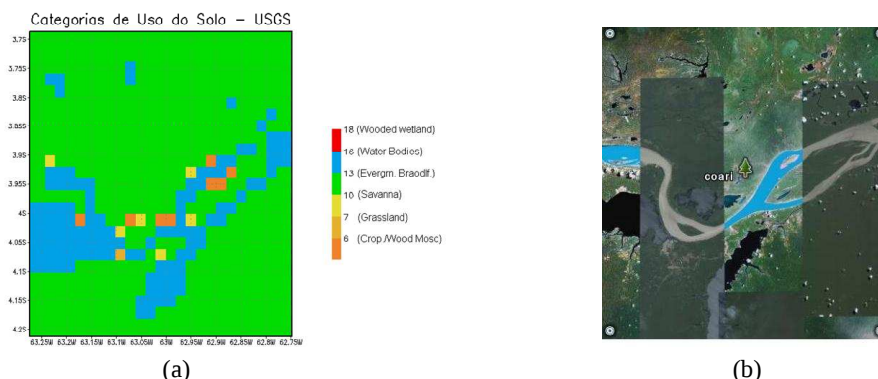


Figura 4. Comparação subjetiva entre (a) as categorias de uso do solo consideradas pelo modelo (extraídas dos dados do USGS) e (b) a imagem da região obtida através do *Google Earth*. Fonte: *Google Earth*, 2007.

Para este estudo, a simulação atmosférica foi iniciada às 00 horas do dia 24 de maio de 2007 e terminada às 00 horas do dia 27 de maio de 2007, a fim de garantir que, durante o período analisado (dias 25 e 26 de maio de 2007), a simulação já estivesse entrado em regime. Um resumo das parametrizações físicas utilizadas neste experimento pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Conjunto de parametrizações físicas do modelo MM5 utilizado no experimento numérico.

Processo Físico	Parametrização
Nuvens convectivas	Grell (Grell <i>et al.</i> , 1994).
Microfísica das nuvens	Simplificação dos processos de conversão água líquida/gelo (Dudhia, 2005).
Camada limite planetária	MRF (Hong e Pan, 1996).
Radiação solar e terrestre	Inclui os processos de interação entre a radiação e as nuvens (Dudhia, 2005).
Processos de superfície	Modelo de solo com 5 camadas (Dudhia, 2005).

2.3 Descrição do GNOME

Para a simulação da dispersão de poluentes, foi utilizado o modelo lagrangeano GNOME. Este modelo foi desenvolvido pelo “*Hazardous Materials Response Division*” (HAZMAT) do “*National Oceanic and Atmospheric Administration Office of Response and Restoration*” (NOAA OR&R). O GNOME foi desenvolvido para simular a trajetória do óleo derramado a partir de forçantes físicas como o vento, correntes e marés. O modelo considera ainda, o efeito de espalhamento e a possibilidade de incluir a incerteza associada a cada uma das forçante consideradas na trajetória do óleo (Beegle-Krause, 1999 e 2001).

Como condição inicial e de contorno para a modelagem da dispersão, foram utilizados para o TESOL, os dados de componentes zonal e meridional do vento, obtidos a partir da modelagem atmosférica para a grade de maior resolução espacial.

Para este primeiro ensaio, foi simulado um acidente no transbordo na REMAN, considerando um volume de óleo derramado de 13.000 m³, com vazão média de 900 m³/h, totalizando 16 horas de operação, situação típica de operação nesta refinaria (TRANSPETRO, 2007). Neste caso, foi utilizada uma velocidade de corrente constante de leste, e uma máscara de terra adaptada de uma localidade norte-americana, já que o GNOME ainda não possui uma base de dados para o hemisfério sul.

3. RESULTADOS

As Figuras 5a e 5b representam as séries temporais horárias de direção e intensidade do vento respectivamente, no Terminal Solimões, obtidas da simulação atmosférica, para os dias 25 e 26 de maio de 2007. Nota-se que o modelo consegue representar de maneira satisfatória o giro do vetor vento, possivelmente associado ao fenômeno de brisa, com um período de aproximadamente 24 horas (Figura 5a). Observa-se ainda, que a intensidade do vento atingiu seu valor máximo de intensidade aproximadamente às 14 horas do dia 25/05 (Figura 5b), o que possivelmente pode estar associado ao horário de maior contraste térmico entre a superfície de água do rio e floresta devido ao aquecimento diurno. Já o mínimo valor de intensidade do vento simulado foi às 5 horas do dia 26/05, coincidindo com o horário de menor contraste térmico proveniente de diferenças locais de aquecimento.

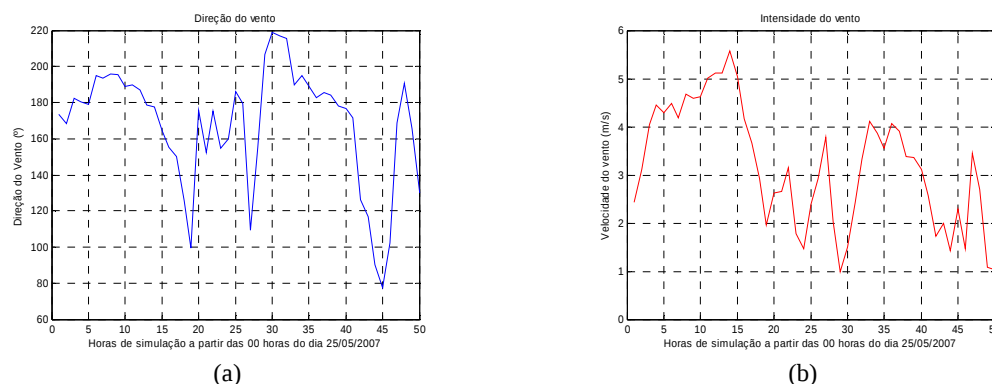


Figura 5. Séries temporais para os dias 25 e 26 de maio de 2007 de a) direção (°) e b) velocidade do vento (m/s), extraídas do modelo atmosférico para o TESOL.

A fim de verificar o sinal do fenômeno de brisa na série de vento extraída do modelo, foi aplicada a técnica da Transformada Rápida de Fourier (FFT) nas séries temporais de componentes zonal e meridional do vento, e gerados espectros de energia associados a elas (Figuras 6a e 6b, respectivamente). Observa-se nos espectros, um pico no sinal de energia em torno de 0,2 ciclos por segundo. Esta frequência está associada a um fenômeno com um período de aproximadamente 24/25 horas, sugerindo uma possível contribuição do fenômeno de brisa nos dados analisados. Nota-se ainda que a energia associada a este período no espectro do campo de velocidade meridional do vento (Figura 6b) foi mais intenso dos que a observada no espectro da componente zonal (Figura 6a), ressaltado assim, a orientação leste/oeste da calha do rio na região de estudo, e o transporte transversal associado ao fenômeno de brisa.

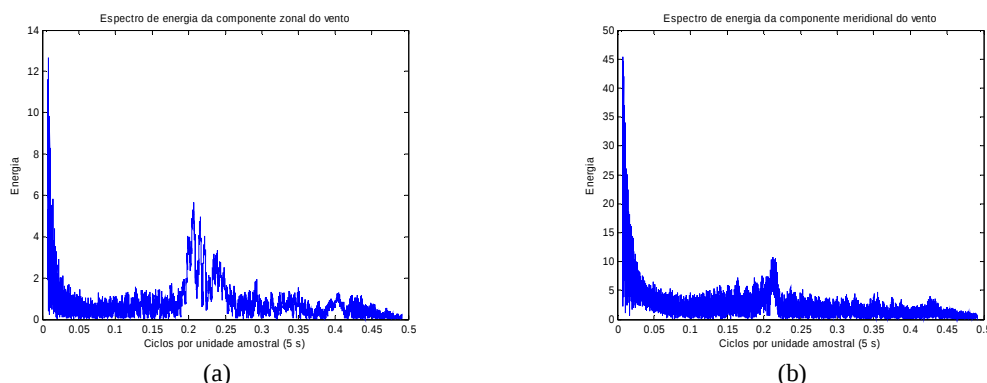


Figura 6. Espectro de energia para os dias 25 e 26 de maio de 2007 das componentes: a) zonal e b) meridional do vento, extraídas do modelo atmosférico para o TESOL. O eixo das abscissas representa a frequência, em ciclos por unidade amostral (ciclos/5 s).

Os dados de vento simulados foram aplicados no modelo de transporte lagrangeano de dispersão de poluentes em ambientes aquosos. Neste caso, não foi considerado efeito de maré, já que o TESOL encontra-se distante da região estuarina do rio Solimões. As Figuras 7a, 7b, 7c, 7d e 7e representam os resultados do modelo para diversos horários após o início do vazamento do óleo no Rio. Os pontos vermelhos nas Figuras representam a incerteza associada ao posicionamento das partículas, devido ao escoamento médio (corrente) e a contribuição do vento. Já os pontos pretos representam a trajetória das partículas. Já o ponto de vazamento, pode ser identificado através da cruz preta nas Figuras. Observa-se na Figura 7a, o início do vazamento e a trajetória das partículas após 1 hora de simulação. Nota-se que neste período, as partículas praticamente não se movimentaram e ainda se encontram próximas ao ponto de vazamento. Nas Figuras 7b e 7c, que representam os horários de 12 horas e 23:50 horas do dia 25/05/2007, observa-se um deslocamento das partículas em função das correntes e da contribuição do vento sobre elas. Já para os horários de 12 horas (Figura 7d) e 23 horas (Figura 7e) do dia 26 de maio de 2007, nota-se um acúmulo de partículas na margem mais ao Norte do rio, reforçando assim, a contribuição do fenômeno de brisa e do escoamento transversal gerado por ele, no deslocamento das partículas à deriva em ambiente aquoso.

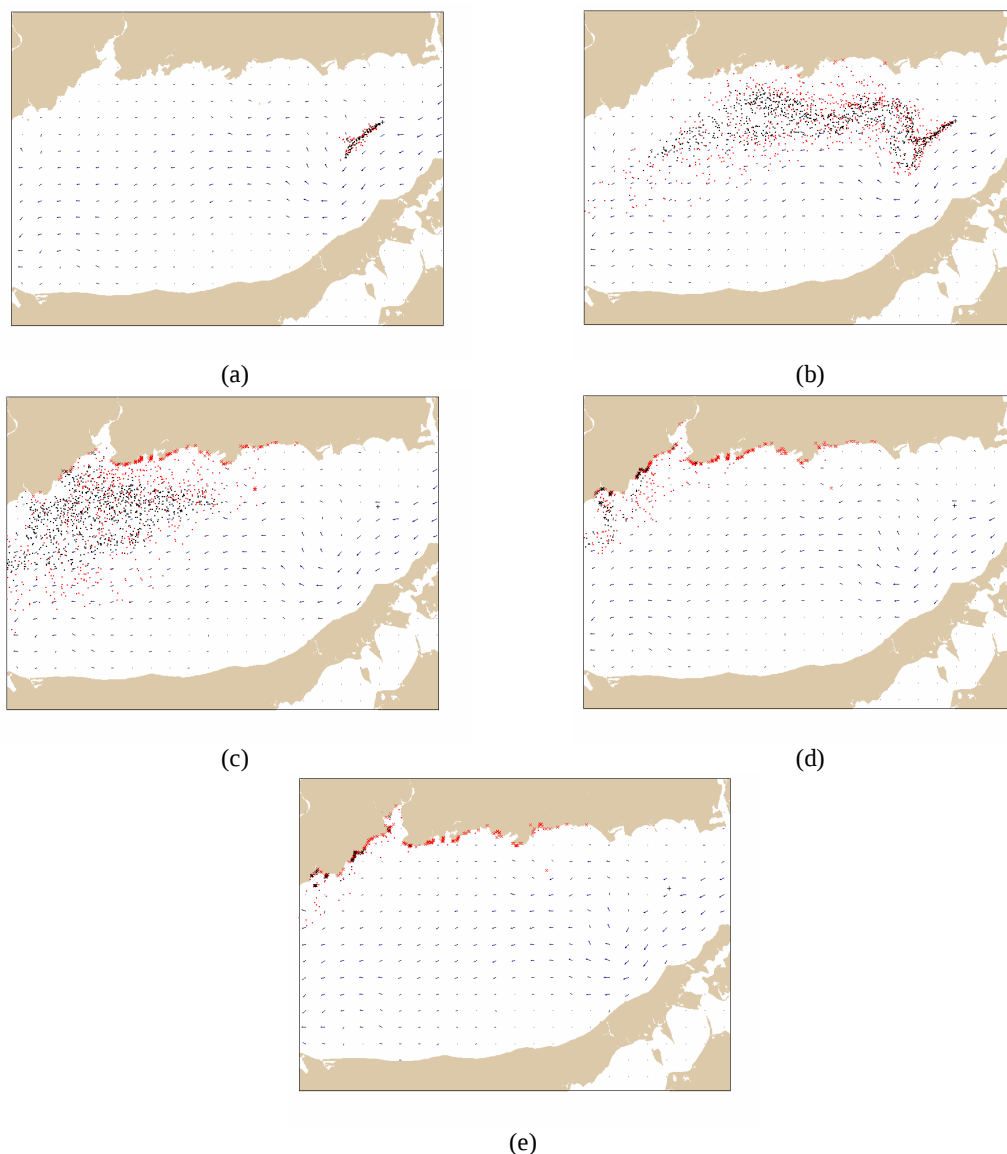


Figura 7. Simulação da dispersão do óleo no rio para um vazamento contínuo 900m^3 por 16 horas, utilizando os ventos do MM5 para a) 1h do dia 25, b) 12h do dia 25, c) 23:50 h do dia 25, d) 12h do dia 26 e e) 23h do dia 26. Os vetores representam os valores de corrente e os pontos pretos representam a trajetória das partículas.

A fim de verificar a sensibilidade do modelo de transporte ao campo de vento, foi realizada mais uma simulação de dispersão, desta vez utilizando o vento médio da região. Este vento foi extraído das reanálises do NCEP, para o ponto mais próximo à região do TESOL e considera uma média para o período compreendido entre janeiro de 1948 e janeiro de 2007. Estes dados possuem resolução espacial de $2,5^\circ$ de latitude por $2,5^\circ$ de longitude (Kalnay *et al.*, 1996). Neste caso, foi aplicado ao modelo de dispersão, um vento constante com intensidade de $0,6\text{ m/s}$ e direção de Nordeste. Os resultados obtidos para esta simulação em diversos momentos após o vazamento do óleo podem ser observados nas Figuras 8 (a, b, c, d, e). Nota-se que, neste caso, utilizando os ventos típicos da região, que acaba por desconsiderar fenômenos de escala local, as partículas praticamente não atingem a margem do rio em qualquer instante da simulação. Assim, considerando apenas os fenômenos atmosféricos de escala sinótica (predominância dos ventos alísios, com a mesma orientação espacial da calha do rio na região de estudo), ressalta-se a importância da inclusão dos efeitos atmosféricos locais (como a brisa de rio), no estudo do transporte dos constituintes no rio.

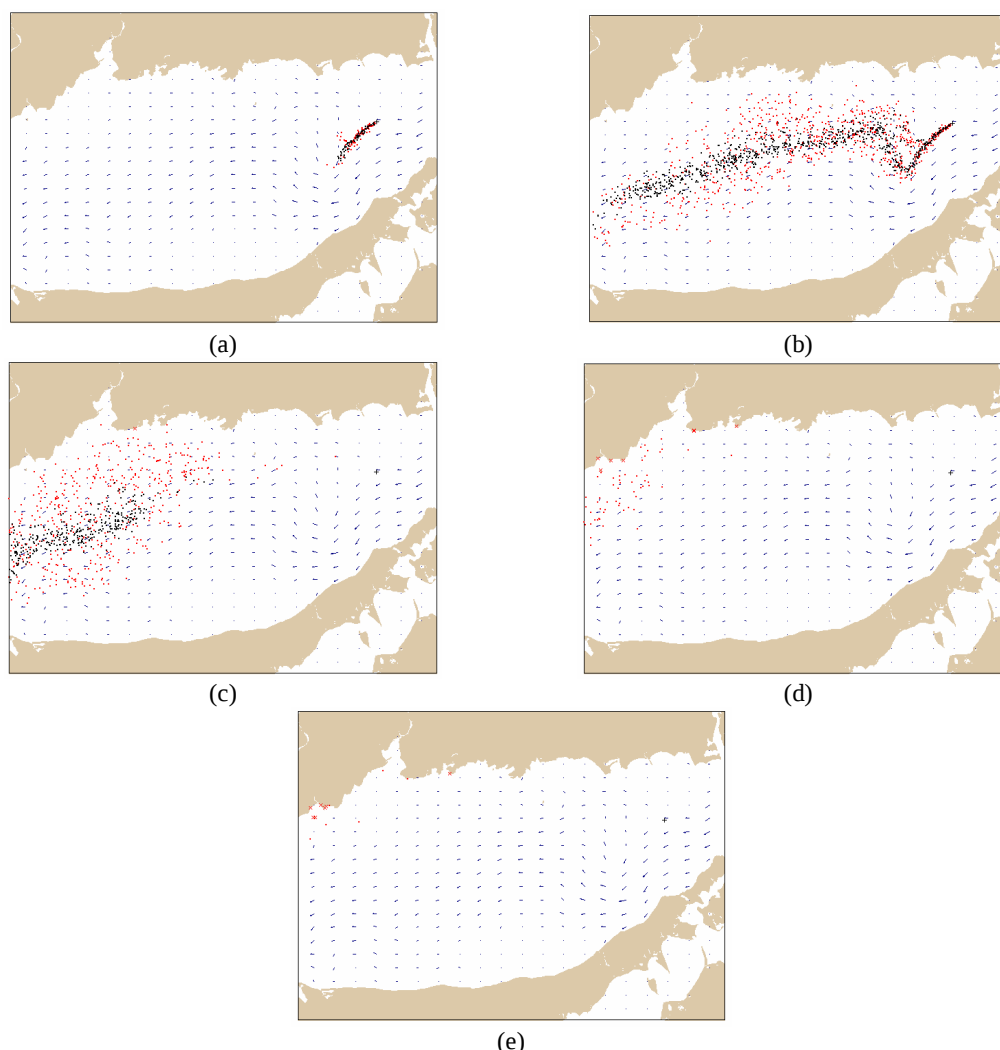


Figura 7. Simulação da dispersão do óleo no rio para um vazamento contínuo 900m^3 por 16 horas utilizando o vento extraído das reanálises do NCEP para a) 1h do dia 25, b) 12h do dia 25, c) 23:50h do dia 25, d) 12h do dia 26 e e) 23h do dia 26. Os vetores representam os valores de corrente e os pontos pretos representam a trajetória das partículas.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, foi possível verificar a capacidade do modelo regional atmosférico MM5 em simular com qualidade, as condições meteorológicas locais, inclusive o efeito de brisa de rio observado nos grandes rios da região amazônica.

Ressalta-se também, a sensibilidade do modelo lagrangeano de dispersão de poluentes em ambientes aquosos, a parâmetros meteorológicos como vento. Observou-se ainda, a importância do padrão desta variável meteorológica quando perpendicular à calha do rio (efeito verificado no caso da ocorrência da brisa de rio), já que este tende a acumular os poluentes à deriva, nas margens do mesmo, enquanto que seguindo apenas o escoamento hidrodinâmico do rio e os fenômenos meteorológicos de escala sinótica (ventos alíseos, com a mesma orientação da calha do rio na região de estudo), este padrão de acúmulo não é verificado.

Assim, este trabalho demonstra a potencialidade da modelagem numérica como ferramenta para a prevenção e mitigação de possíveis danos causados por acidentes associados ao derramamento de óleo nas águas do rio Solimões.

Para trabalhos futuros, sugere-se a implementação no modelo de dispersão, da máscara de terra específica da região a ser modelada, além dos valores de corrente associados ao escoamento local. Estas correntes podem ser obtidas através da modelagem numérica da hidrodinâmica da região. Estes itens também são objetos de estudo do projeto PIATAM e estão sendo desenvolvidos pela equipe de modelagem numérica do mesmo.

5. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a Agência Nacional do Petróleo (ANP), através do Programa de Formação de Recursos Humanos para o setor Petróleo e Gás Natural (PRH – 02) pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa científica bem como o apoio na participação em congressos, treinamentos, cursos e outros eventos científicos. Os autores gostariam de agradecer ainda, a toda a equipe técnica/administrativa/científica do Projeto PIATAM.

6. REFERÊNCIAS

- BEEGLE-KRAUSE, C. J. GNOME: NOAA's Next-Generation Spill Trajectory Model. In: Oceans '99 MTS/IEEE, 1999, **Proceedings of MTS/IEEE**. Escondido, CA: MTS/IEEE Conference Committee. vol. 3, p. 1262-1266.
- BEEGLE-KRAUSE, C. J. General NOAA Oil Modeling Environment (GNOME): A New Spill Trajectory Model. In: IOSC, 2001, Tampa, FL, **Proceedings of IOSC**, St. Louis, MO: Mira Digital Publishing, Inc. Vol. 2: pp. 865-871.
- CORRÊA, E. B.; CATALDI, M.; PIMENTEL, L. C. G. Análise Comparativa das Simulações do Modelo de Mesoescala MM5 e Dados Meteorológicos Observados para a Região do Galeão/RJ. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Vol. 29, p. 66-86, 2006.
- DUDHIA, J.; GILL, D.; GUO, Y.; MANNING, K.; WANG, W.; CHISZAR, J. Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide: MM5 Modeling System Version 3, **PSU/NCAR**, 2004
- FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. [on line]. **Climanálise Especial 10 anos**, número especial, ref. 3, 5p., out. 1996.
- GOOGLE EARTH. <http://earth.google.com/>, 2007.
- GRELL, G. A.; J. DUDHIA; STAUFFER, D. R. A description of the fifth-generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5). **NCAR Technical Note**, NCAR/TN-398+STR, 117 pp., 1994.
- HONG, S. Y.; PAN, H. L. Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a medium-range forecast model. **Mon. Wea. Rev.**, vol. 124, p. 2322-2339, 1996.
- KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDEL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; ZHU, Y.; CHELLIAH, M.; EBISUZAKI, W.; HIGGINS, W.; JANOWIAK, J.; MO, K.C.; ROPOLEWSKI, C.; WANG, J.; LEETMAA, A.; REYNOLDS, R.; JENNE, R.; JOSEPH, D. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project. **Bull. Amer. Met. Soc.** Vol. 77, p. 437-471, 1996.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. Climatic impacts of "Frigagens" in forested and deforested areas of the Amazon basin. **Journal of Applied Meteorology**, vol. 36, n° 11, p. 1553-1566, 1997.
- MEHDI, N. **Algoritmo Adaptativo Aplicado à Modelagem de Transporte de Óleo- RJ**. Março de 2005. 83p. Dissertação de Mestrado na área de Modelagem Computacional. Orientador: Landau, L. Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ, 2005.
- OLIVEIRA, A. P.; FITZJARRALD, D. R. The Amazon river breeze and the local boundary layer: I. observations. **Boundary Layer Meteorology**, vol 63, p. 141-162, 1993.
- PIATAM. <http://www.piatam.ufam.edu.br/>, 2007.
- SILVA, R. M. **Acoplamento dos modelos de área limitada de atmosfera (MM5) e oceano (POM) e sua aplicação ao trecho sudoeste da bacia do Atlântico Sul**. Julho de 2006. 63p. Dissertação de Mestrado na área de Ciências atmosféricas em Engenharia. Orientador: Landau, L. Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ, 2006.
- SILVA DIAS, M. A. F.; SILVA DIAS, P. L.; LONGO, M.; FITZJARRALD, D. R.; DENNING, A. S. River Breeze circulation in eastern Amazonia: observations and modeling results. **Theor. Appl. Climatol.**, 78, 111-121, abril de 2004.
- TRANSPETRO Informações Portuárias. Terminal Solimões. Amazonas/Brasil. <http://www.transpetro.com.br>, 2007.

A STUDY OF BREEZE CIRCULATION INFLUENCE USING A CONSTITUENT TRANSPORT TRAJECTORY MODEL IN SOLIMÕES RIVER

The Solimões River basin has great importance for oil and natural gas Brazil production. Oil produced at Urucu region (the major terrestrial petroliferous province of the country) is transported from Solimões Terminal (TESOL), located the 16 kilometers away from Coari city, through the Solimões River to Isaac Sabbá Refinery (REMAN) at Manaus city. Activities related to the oil and gas production and aquatic transportation may put in

risk the environment. Following this context, several studies have been carried through the use of computational tools capable to diagnosis and forecast the fluid dynamics behavior as environment forcing feedback. The use of computational modeling as a tool for obtain hydrodynamics knowledge, is one of the most important information source for plan creation of environmental risks mitigation. However, circulation pattern (current) in the rivers and oceans are influenced by winds fields that predominate in a region, including several atmospheric time-space scales. The breeze circulation, when occurring over rivers, has great influence in the pollutants trajectory, since gutter transverse wind component can provoke edges pollutant accumulation. The aim of this work is to evaluate the atmospheric mesoscale circulation influence in a constituent transport trajectory model in Solimões River.

River breeze, circulation, pollutants, Solimões river

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.