

DINÂMICA DO ESCOAMENTO NA FACE DA PRAIA

Felipe Augusto M. De Oliveira¹; Susana Beatriz Vinzon².

¹ Graduação/Engenharia Civil(PIBIC-CNPq)-Universidade Federal do Rio de Janeiro
e-mail: felipaug@peno.coppe.ufrj.br

²D.Sc em Engenharia Oceânica, UFRJ-e-mail: susana@peno.coppe.ufrj.br

RESUMO

A dinâmica do escoamento na face da praia induzida pela maré pode ser importante desde o ponto de vista da morfologia da praia, desde que quando a face da praia exposta às ondas não está saturada propicia a deposição de sedimentos, em caso contrario a erosão é promovida. Um dos problemas ambientais causados pelo vazamento de óleo em corpos de água costeiros é a penetração do contaminante nas praias. A profundidade em que o óleo se entranha no meio poroso depende, dentre outros vários fatores, também da dinâmica do escoamento nesta região. Este trabalho tem como objetivo realizar uma avaliação da posição do lençol freático em praias da Ilha de Paquetá, Rio de Janeiro, mediante um experimento de campo. Tal experimento visa a caracterização da percolação do escoamento no meio poroso, levando-se em consideração fatores ambientais como o movimento das marés e as chuvas. Os resultados experimentais foram também comparados com formulações analíticas da literatura.

ABSTRACT

The dynamic of the water table in the beachface can play an important part in shaping the morphology of tidal beaches. An unsaturated beachface promotes sediment deposition, whereas a saturated beachface encourages sediment erosion. One of environmental problems caused by oil spills in coastal water bodies is the penetration of the contaminant in beaches. The depth of the oil penetration depends, between other factors, on the elevation of the water table in this region. The aim of the present study is to estimate the position of the water table in several beaches of Paquetá Island, Rio de Janeiro. This experiment aims to characterize the percolation of the flow in the porous media considering environmental factors, such tidal oscillations and rains. The experimental results were compared with analytical description from the literature.

Palavras-Chave: nível freático, maré.

1. INTRODUÇÃO

Um dos problemas ambientais mais significativos no derrame de óleo em ambientes costeiros é a sua deposição em praias arenosas. Durante o vazamento do oleoduto da REDUC, ocorrido em janeiro de 2000, diversas praias da Baía de Guanabara foram atingidas, as praias da Ilha de Paquetá inclusive, requerendo um significativo e contínuo esforço para a sua recuperação. Segundo informações fornecidas pelo CENPES, foi observado neste evento, em diferentes praias da Baía de Guanabara, que o óleo penetrou na face da praia atingindo profundidades que variam entre 20 e 70 cm.

Com a finalidade de obter uma avaliação da profundidade máxima em que o óleo poderia penetrar nas diferentes praias da Ilha de Paquetá, foi realizado um levantamento em quatro das suas praias, como mostrado na Figura 1. Estes levantamentos, realizados ao longo de um ano, determinaram a posição do nível freático na face da praia, ao longo do ciclo de maré.

A figura 2 mostra um esquema do perfil de praia, indicando o nível d'água atingido durante as marés acrescidas do espraiamento da onda, a penetração da cunha salina no meio poroso, a posição do lençol freático, assim como a posição do óleo nos interstícios do meio poroso após o derrame. O escoamento transiente que ocorre na face da praia é gerado pelo gradiente hidráulico existente entre o nível do lençol freático, o nível do corpo d'água associado à maré e o espraiamento da onda. Em períodos de pouca atividade de ondas, o que ocorre

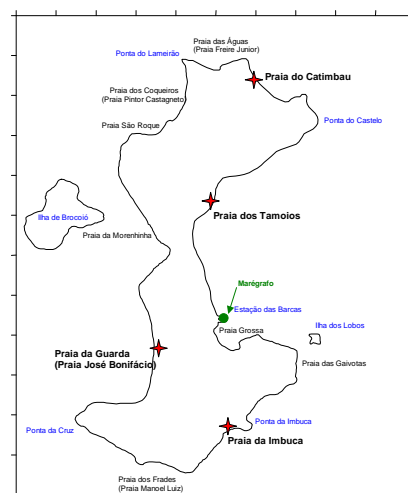


Figura 1: Localização e denominação das principais praias da Ilha de Paquetá. As estrelas em vermelho indicam os locais estudados.

em grande parte do tempo em diversas praias da Baía de Guanabara, a dinâmica da maré e da variação do nível do lençol freático são os fatores preponderantes na advecção através do meio poroso. O objetivo deste trabalho é fazer uma avaliação da posição do nível freático na face da praia a partir de medições e mediante um modelo analítico.

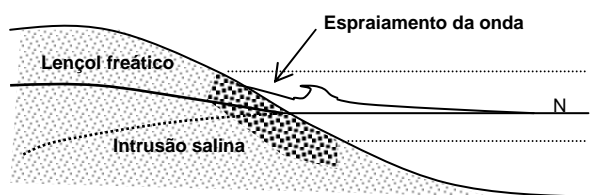


Figura 2: Esquema ilustrativo dos principais elementos envolvidos na hidrodinâmica do escoamento no manto poroso na face da praia

2. METODOLOGIA

A metodologia do estudo consistiu no levantamento de dados de campo e análise posterior. Os dados medidos durante o período de julho 2001 a abril de 2002 consistiram no registro maregráfico realizado em forma contínua por um equipamento instalado para este fim e medições periódicas do nível do lençol freático, junto com o nível d'água do mar, salinidade e temperatura, durante parte do ciclo de maré. Estas medições foram realizadas em 3 a 8 posições ao longo do perfil da praia, como indicado na figura 3, em poços de observação realizados para este fim. As praias escolhidas na Ilha de Paquetá, para o estudo foram : da Guarda, Catimbau, Tamoios e Imbuca. As observações foram realizadas com uma frequência quinzenal, onde, começando antes da ocorrência da baixamar e a cada meia hora, foram registrados: a) nível do lençol freático em cada ponto de observação da praia; b) salinidade, temperatura da água e temperatura da areia; c) perfil da praia; d) nível d'água do mar. As medições continuaram até o instante de preamar posterior.

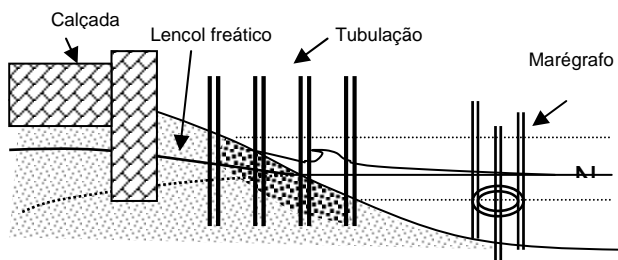


Figura 3: Representação esquemática do arranjo experimental.

3. MODELO ANALÍTICO

Com o objetivo de melhorar a compreensão da dinâmica do escoamento na praia, foi implementado um modelo analítico para praia inclinada e pequena amplitude de maré (Nielsen, 1990) que nos fornece a posição do lençol freático em função das oscilações da maré. Este modelo foi aplicado à Praia da Guarda, pelo fato de apresentar maior extensão e possibilitar melhor efeito de visualização. Os dados utilizados no modelo foram importados das medições de campo realizada no dia 28 de fevereiro de 2002. A condição de fronteira no local mais distante da praia corresponde a oscilações nulas

$$\frac{\partial h}{\partial t} \rightarrow 0 \quad x \rightarrow \infty$$

Considera-se a origem do eixo x na interseção do nível do mar com a face da praia. Assume-se que a areia é homogênea e isotrópica com condutividade hidráulica K e porosidade n , e também que a velocidade do escoamento, $u(x,t)$, é essencialmente horizontal de forma que pressão de distribuição é hidrostática. A face da praia forma o ângulo β com a horizontal e assume-se que o corpo de areia é limitado por uma camada impermeável de profundidade D . Assim, temos a seguinte equação governante para a posição do nível freático no meio poroso $h(x,t)$:

$$h(x,t) = D + A \cos(\omega t - kx)e^{-kx} + \varepsilon A \left[\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cos(2\omega t + \frac{\pi}{4} - \sqrt{2}kx)e^{-\sqrt{2}kx} \right] + \varepsilon^2 A \left(\frac{1}{4} - \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \left[\text{sen}(\omega t - kx)e^{-kx} + \text{sen}(\omega t - \sqrt{3}kx)e^{-\sqrt{3}kx} \right]$$

onde k = número de onda

$\varepsilon = k A \cot \beta$ é o parâmetro de perturbação

ω = frequência da maré

A = amplitude da maré

4. RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÕES

Após coleta dos dados de campo e posterior análise, obteve-se os gráficos de lençol freático, temperatura da água, temperatura da areia e salinidade referentes a cada data de medição. Como exemplo, os resultados das medições efetuadas no dia 28 de fevereiro de 2002 na praia da Guarda são apresentados nas Figuras 5 a 7. O resultado das aplicações referentes ao modelo analítico pode ser vista na Figura 8. A posição do lençol freático não mostrou nenhuma correlação com a quantidade de chuva acumulada nos dias precedentes às medições nem com a chuva média do mês anterior.

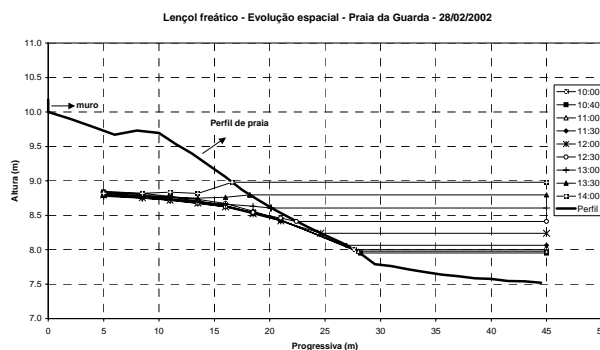


Figura 4: Evolução espacial do lençol freático na Praia da Guarda no dia 28/02/2002.

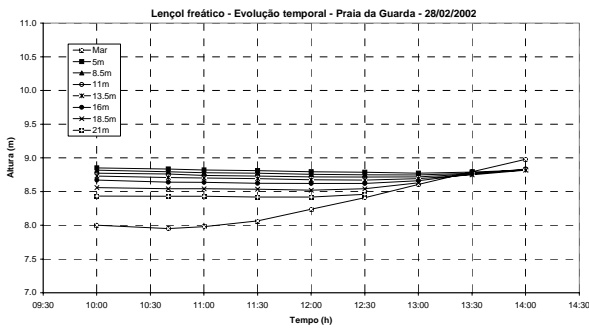


Figura 5: Evolução temporal do lençol freático na Praia da Guarda no dia 28/02/2002.

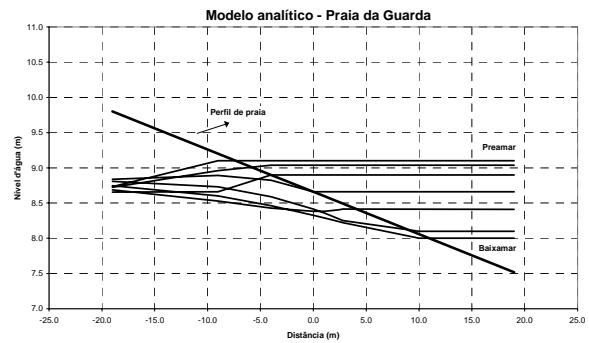


Figura 9: Resultado do modelo analítico do escoamento no meio poroso na Praia da Guarda.

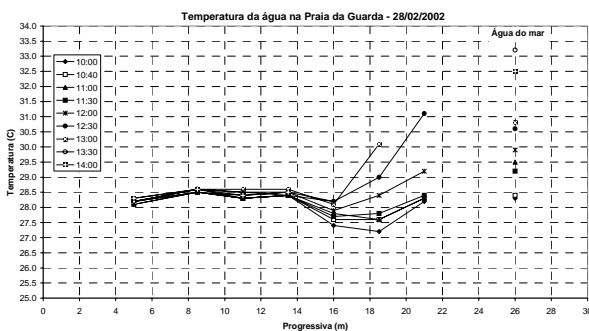


Figura 6: Evolução espacial da temperatura da água na Praia da Guarda no dia 28/02/2002.

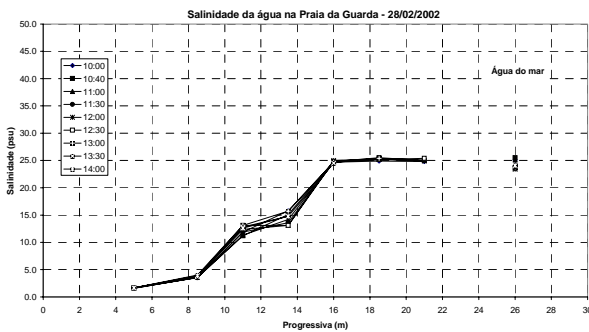


Figura 7: Evolução espacial da salinidade na Praia da Guarda no dia 28/02/2002.

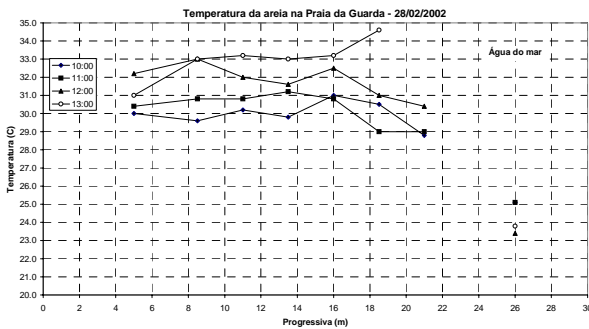


Figura 8: Evolução espacial da temperatura da areia na Praia da Guarda no dia 28/02/2002.

O estudo proposto constatou que a dinâmica da maré é o fator preponderante na variação do lençol freático, e portanto, na advecção através do meio poroso e que as chuvas não apresentam nenhuma correlação com a posição do nível do lençol freático, fato também explicado pelas reduzidas dimensões da Ilha.

Outra observação interessante é com relação ao nível d'água dentro do meio poroso que é sempre maior ao nível da maré baixa, assim como o nível médio do lençol freático, no ponto mais afastado da praia, é maior do que o nível médio do mar.

Como já fora observado em outros trabalhos similares, os dados revelam uma defasagem entre a maré no meio aquítico e a variação de níveis no meio poroso. A implantação do modelo analítico possibilitou obter uma sensibilidade dos diferentes parâmetros do meio poroso e da maré que governam a dinâmica do escoamento na face da praia. Foi possível também o ajuste de parâmetros não medidos, tais como a porosidade e permeabilidade da areia, da praia da Guarda. Além disso, este modelo permitiria uma estimativa preliminar da profundidade máxima que potencialmente pode ser atingida pelo óleo em virtude de vazamentos acidentais em outros ambientes não medidos, onde as características do meio poroso sejam determinadas. Das quatro praias escolhidas para as medições, verificou-se que a praia da Imbuca apresentaria as condições mais favoráveis à penetração de óleo, sendo a altura máxima observada entre a face da praia e a posição do lençol de 0.97 m.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Nielsen,P., Tidal Dynamics of the Water Table in Beaches, *Water Resour. Res.*, 26(9), 2127-2134, 1990
- J.Baird,A., and P.Horn,D., Monitoring and Modelling Groundwater Behaviour in Sandy Beaches, *Journal of Coastal Research*, 12(3), 630-640, 1996
- J.Bear, *Hidraulics of groundwater*, 1979
- J.Bear, *Dynamics of fluids in porous media*, 1988
- Terzaghi,K., *Mecânica dos Solos na prática da Engenharia*, 1962