



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM HIDRODINÂMICA NA
CIRCULAÇÃO DO ESTUÁRIO DO RIO MARACANÃ (NE DO
PARÁ)**

Dissertação apresentada por:

LEANDRO PATRICK FERREIRA BARBOSA

**BELÉM
2008**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

- A238a Barbosa, Leandro Patrick Ferreira
 Aplicação da modelagem hidrodinâmica na circulação do
 estuário do rio Maracanã (NE do Pará) / Leandro Patrick
 Ferreira Barbosa – 2008
 148 f. : il.
 Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-
 Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de
 Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.
 Orientador; Maâmar El-Robrini.
1. Circulação estuarina. 2. Modelagem hidrodinâmica. 3.
 Estuário do rio Maracanã-Pa. I. Universidade Federal do Pará.
 II. El-Robrini, Maâmar, Orient. III. Título.

CDD 20. ed.:551.47098115



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM HIDRODINÂMICA
(SISBAHIA) NA CIRCULAÇÃO DO ESTUÁRIO DO RIO
MARACANÃ (NE – PARÁ)**

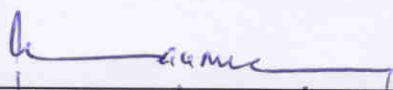
DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

LEANDRO PATRICK FERREIRA BARBOSA


Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em
Ciências na Área de GEOLOGIA.

Data de Aprovação: **16/10/2007**


Comitê de Dissertação:



MAÂMAR EL-ROBRINI (Orientador-UFPA)



JOÃO BAPTISTA DE CARVALHO (UNIVALI)



PAULO CÉSAR COLONNA ROSMAN (UFRRJ)

Belém

RESUMO

O litoral do NE do Pará apresenta uma configuração recortada e um grande número de sistemas estuarinos, bastante ativos com amplitudes de maré entre 5-7m. Nesta região, está inserido o estuário do rio Maracanã - estuário de planície costeira e do tipo bem misturado - com uma extensão de 101 Km a partir do igarapé do Tubo até a ilha do Cumarú. O perfil deste é tipicamente meandrante, de baixa declividade que permite escoamento superficial, e possibilita um padrão de drenagem com grande quantidade de cursos d'água em várias direções e uma ordem de vazão de 10^3 a 10^4 m³ s⁻¹. Este estuário sofre a influência do regime de macro-marés (>4m), de natureza semi-diurna, com influência de ventos (média de 6 m/s) e correntes de maré (média de 69,53 cm/s). O clima é do tipo Am (Tropical Úmido), que é caracterizado por ser quente e úmido (Clima Equatorial Amazônico), com temperatura entre 25°C e 28°C e pluviosidade de 2.500 mm/ano a 3.000 mm/ano, e dois períodos distintos, um seco (de junho a novembro) e outro chuvoso (dezembro a maio). O trabalho teve como objetivo a aplicação da modelagem hidrodinâmica na circulação do estuário do rio Maracanã (NE do Pará), utilizando como ferramenta a modelagem (Programa de Modelagem SisBAHIA – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental), com base na interpretação dos dados coletados em campo e trabalhos experimentais realizados em laboratório. Os procedimentos metodológicos consistiram em três etapas básicas: levantamento bibliográfico, trabalhos de campo e de laboratório. No campo, foram realizados: (1) um levantamento ecobatimétrico de semi-detelhe, empregando-se uma EcoSSonda DGPS/PLOTTER/SONAR FURUNO GP-1850 F, onde foram feitos transectos ecobatimétricos transversais e longitudinais no estuário, durante a maré cheia; (2) medição de correntes de maré, para obtenção de medidas de intensidade e direção das correntes em um ponto (00° 45,187' S e 47° 26,712' W), durante um período de amostragem contínuo de 8 dias (preamar e baixamar) (04/02/07 à 11/02/07), abrangendo a sizígia. Para tal, foi utilizado um Correntógrafo Falmouth Scientific 2D-ACM; (3) o monitoramento vertical da maré foi baseado nos Marégrafos Orphirmedes

da marca OTT-Hidrometrie, que registraram o nível d'água simultaneamente, próximo à foz e na parte interna do estuário, durante um período de 8 dias contínuos a cada 20 minutos. No laboratório: (1) o processamento dos dados ecobatimétricos em ambiente Excel para correção em relação ao nível de maré. Ainda, o Surfer foi utilizado para digitalização dos dados de entrada para o modelo hidrodinâmico do Programa Sisbahia; (2) as séries temporais de Corrente e nível de maré foram submetidas a rotinas de processamento de dados elaboradas em ambiente Excel (3) Para vazão foi realizada uma estimativa baseada em método simples e racional. Os dados processados foram submetidos em seguida a análises: (1) Na implementação do modelo, foram reunidos todos os dados coletados na área de estudo e esses dados foram fornecidos ao modelo dentro de um domínio pré-definido; (2) Para calibração do modelo foram realizados ajustes na tentativa de fusão dos dados coletados em campo e o modelo; (3) a validação do modelo, que foi a precisão dos resultados computacionais do modelo em relação aos seus propósitos, e do sistema natural que o mesmo representa, a fim de reproduzir os fenômenos reais. Em seguida, colocou-se o modelo pra “rodar”, isto é, o modelo passa a gerar cenários de maré vazante, enchente, quadratura e sizígia. Com isso, puderam-se descrever os padrões da circulação estuarina do rio Maracanã e compreender os aspectos de sua complexa hidrodinâmica. Desta maneira, obtiveram-se, mapas caracterizando padrões de correntes médias na vertical, ao longo de um ciclo de maré de sizígia e de quadratura (,meia maré vazante, meia maré enchente, estofa de preamar e estofa de baixamar). Observou-se que durante as marés de sizígia, as velocidades são maiores se comparadas com as marés de quadratura. A geometria do estuário é responsável pela restrição da penetração das águas costeiras e contribui para elevação da maré no interior do mesmo. Os resultados gerados pelo modelo não foram iguais aos medidos em campo, em virtude da complexidade da área e da quantidade de dados adquiridos.

PALAVRAS- CHAVE: Circulação estuarina. Modelagem hidrodinâmica. Estuário do rio Maracanã.

ABSTRACT

The coastline of NE Pará presents a configuration cut and a large number of estuarine systems, very active with amplitudes of tide between 5-7m. In this region, is inserted the estuary of the river Maracanã - estuary of coastal plain and the type and mixed - with a length of 101 Km from Igarapé the tube to the island of Cumaru. The profile of this is typically meandering, low slope that allows runoff, and allows a pattern of drainage with large amount of water in several directions and an order of flow of 10^3 to 10^4 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$. This estuary likely a result of the system of macro-tides ($> 4\text{m}$), the semi-diurnal nature, with winds of influence (average of 6 m / s) and the tidal currents (mean of 69.53 cm / s). The climate is the type Am (Tropical Wet), which is characterized by being warm and humid (Climate Equatorial Amazon), with temperature between 25°C and 28°C and rainfall of $2,500 \text{ mm / year}$ to $3,000 \text{ mm / year}$, and two distinct periods, a dry (June to November) and another rainy season (December to May). The work was aimed at the implementation of the hydrodynamic modeling the movement of the estuary of the river Maracanã (NE Pará), using as a modeling tool (Program Design SisBAHIA - Base Hidrodinâmica Environmental System), based on interpretation of the data collected in the field and experimental studies conducted in the laboratory. The methodological procedures consisted of three basic steps: bibliographical survey, work of field and laboratory. In the field, were performed: (1) a survey of semi-ecobatimétrico detail, employing is a Ecossonda DGPS / PLOTTER / SONAR FURUNO GP-1850 F, which were made transects ecobatimétricos cross-sectional and longitudinal in the estuary during the flood tide, (2) measurement of currents, tidal, to obtain measures of intensity and direction of currents in a point ($00^\circ 45'18'' \text{S}$ and $47^\circ 26'12'' \text{W}$), over a period of continuous sampling of 8 days (preamar e) (baixamar 04/02/07 to 11/02/07), covering sizígia. To this end, it was used a Correntógrafo Falmouth Scientific 2D-ACM, (3) the monitoring of the vertical tide was based Marégrafos Orphimedes Brand OTT-Hidrometrie, which recorded the water level at the same time, near the mouth and the inner part of the estuary, for a period of 8 days continuous every 20 minutes. In the laboratory: (1) the data processing environment ecobatimétricos in Excel for correction in relation to the level of tide. Still, the Surfer was used for scanning the data input for

the hydrodynamic model of the Program Sisbahia, (2) time series of the level of current and tide were subjected to routine data processing environment developed in Excel (3) For flow was conducted an estimate based on simple and rational. The data were then processed for analysis: (1) In implementation of the model, were gathered all the data collected in the study area and these data were supplied to the model within a pre-defined area, (2) For calibration of the model Adjustments were made in an attempt to merger of the data collected in the field and model, (3) the validation of the model, which was the accuracy of the results of the computational model in relation to its purposes, and the natural system that it represents, in order to reproduce the actual phenomena. Then put up the model pra "run", that is, the model will generate scenarios of ebb tide, flooding, and squaring sizígia. With this, could itself describe the patterns of movement of estuarine river Maracanã and understand the aspects of their complex hydrodynamics. Thus, it is obtained, maps featuring patterns of current averages upright over a cycle of the tide sizígia and quadrature (half ebb tide, half flood tide, estofa of preamar and estofa of baixamar). It was observed that during the tides of sizígia, the speeds are higher if compared with the tides, squaring. The geometry of the estuary is responsible for restricting the penetration of coastal waters and help to raise the tide inside of it. The results generated by the model were not equal to those measured in the field, because of the complexity of the area and the amount of data acquired.

Key-words: Estuary circulation. Hydrodynamic modeling. Estuary of the Maracanã River.