

ESTUDO PRELIMINAR DOS ASPECTOS HIDRODINÂMICOS E SEDIMENTOLÓGICOS DO ESTUÁRIO DO RIO COCÓ, ESTADO DO CEARÁ

Fábio Perdigão Vasconcelos
George Satander Sá Freire

Laboratório de Ciências do Mar
Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará – Brasil

Os estuários, ambientes de transição por excelência, apresentam variações no tempo e no espaço e estão em constante processo evolutivo, constituindo o meio de interação entre mar, rio, homem e suas atividades. Apresentam-se, enfim, como centralizador de atividades econômicas e, sobretudo, áreas de investigações fascinantes e inesgotáveis (Le Dauarec, 1978).

O estuário do Rio Cocó está situado na costa leste do Município de Fortaleza. Este rio nasce na Serra de Pacatuba, Estado do Ceará, e seu curso tem aproximadamente 43 km de extensão.

O Rio Cocó, sendo de pequeno porte e tipicamente metropolitano, está sujeito a poluição causada pelos dejetos lançados pelos esgotos domésticos e industriais localizados ao longo de suas margens.

O presente estudo tem como objetivo avaliar, em bases preliminares, os aspectos físicos, químicos e sedimentológicos do estuário do Rio Cocó, na tentativa de definir suas características hidrodinâmicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 9 amostras de sedimentos superficiais através de draga

Gibbs. As estações foram distribuídas uniformemente de maneira a cobrir toda a área estuarina em estudo (figura 1). Em laboratório, as amostras foram submetidas a estudos sedimentológicos para determinação das facies sedimentares do estuário.

Devido ao longo período de estiagem, sem chuvas regulares no período 1979-1983, praticamente não existe diferença entre as estações do ano quanto aos índices pluviométricos. Por esse motivo, foram tomadas as velocidades e direções da corrente durante ciclos inteiros de maré, numa mesma estação do ano. A primeira foi realizada no dia 20.05.83, em maré de quadratura, e a segunda no dia 27.05.83, em maré de sizígia. O ponto das medições foi a estação 1 (figura 1), fazendo-se uso de um correntômetro Hidrocean IRFE S/03.

Durante as estações de correntometria foram tomadas amostras de água com garrafa de Van Dorn e medidas *in situ* de temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido na água utilizando-se um termosalinômetro YSI modelo 33, previamente calibrado com água normal, e um medidor de oxigênio YSI modelo 57, calibrado e com precisão conferida através do método de Winkler (Panzarini,

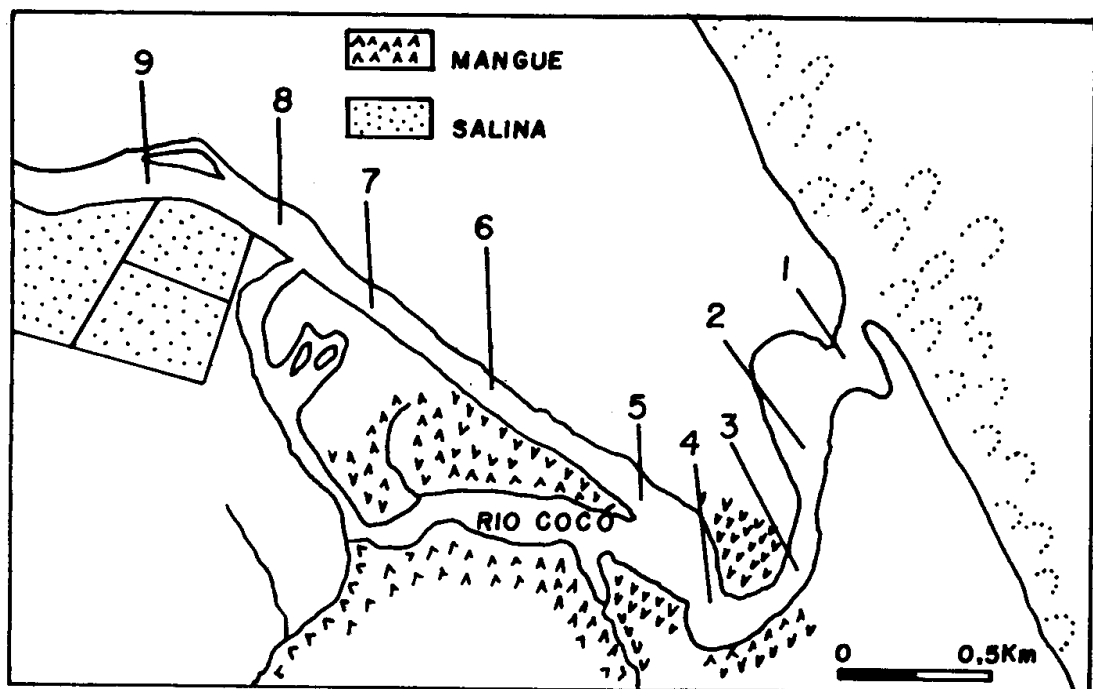


Figura 1 — Estuário do Rio Cocó, com as estações de coleta.

TABELA I

Valores de características físico-químicas do estuário do Rio Cocó, obtidos através de medições num período de 12 horas, em 20.05.83.

| Hora do dia | Salinidade (‰) | Temperatura (°C) | O ₂ dissolvido (mg/l) | Velocidade da corrente (m/s) | Direção da corrente | Material em suspensão (mg/l) |
|-------------|----------------|------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 6:00 | 32,0 | 28,0 | 4,5 | 0,40 | NEE | — |
| 6:30 | 31,0 | 28,5 | 4,5 | 0,20 | NEE | 183 |
| 7:00 | 31,5 | 28,0 | — | 0,10 | W | — |
| 7:30 | 33,5 | 28,0 | 6,3 | 0,30 | SW | 206 |
| 8:00 | 33,0 | 30,0 | 6,4 | 0,40 | W | — |
| 8:30 | 34,5 | 28,5 | 6,4 | 0,55 | SW | 194 |
| 9:00 | 34,5 | 29,0 | 6,6 | 0,65 | WSW | — |
| 9:30 | 36,5 | 29,0 | 6,5 | 0,70 | WSW | 206 |
| 10:00 | 36,0 | 29,0 | 6,5 | 0,75 | SW | — |
| 10:30 | — | — | — | — | — | — |
| 11:00 | 34,0 | 29,0 | 6,5 | 0,85 | WSW | 230 |
| 11:30 | 34,5 | 29,0 | 6,5 | 0,70 | WSW | — |
| 12:00 | 35,0 | 29,0 | 5,6 | 0,35 | WNW | 242 |
| 12:30 | 34,5 | 29,0 | 5,5 | 0,20 | NNE | — |
| 13:00 | 35,0 | 29,0 | 5,9 | 0,35 | NEE | 307 |
| 13:30 | 34,0 | 28,0 | — | 0,65 | NEE | — |
| 14:00 | 35,0 | 29,0 | 6,5 | 0,80 | ESE | 93 |
| 14:30 | 33,0 | 29,0 | 6,4 | 0,85 | ENE | — |
| 15:00 | 33,0 | 31,0 | 6,4 | 0,85 | ENE | 33 |
| 15:30 | 33,0 | 31,0 | 6,8 | 0,75 | ENE | — |
| 16:00 | 33,5 | 30,0 | 6,9 | 0,70 | NE | 10 |
| 16:30 | 33,5 | 28,0 | 6,4 | 0,60 | NEE | — |
| 17:00 | 35,8 | 27,0 | 6,7 | 0,50 | ESE | — |
| 17:30 | — | — | — | — | — | — |
| 18:00 | 27,5 | 29,0 | 7,5 | 0,30 | NNE | — |
| Média | 33,6 | 28,9 | 6,2 | 0,54 | — | 170,4 |

1967). Em laboratório, foi determinada a concentração de sólidos em suspensão na água utilizando-se uma bomba de vácuo Primor modelo 141.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cobertura sedimentar da calha do Rio Cocó é predominantemente quartzosa. Domina a areia média, sendo mais grosseira nas proximidades da desembocadura e, à medida que nos dirigimos a montante, torna-se mais fina. A representação gráfica dessas características evidencia uma distribuição bimodal indicando uma mistura de areia fina e média.

Os resultados das medições de velocidade e direção da corrente, temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e

sólidos em suspensão na água, nas duas séries de medições, encontram-se nas tabelas I e II.

A distribuição da salinidade, tanto na maré de quadratura quanto na de sizígia, variou conforme as flutuações do nível da maré (figuras 2 e 3), podendo-se observar que a salinidade sobe e desce com o nível da maré. A resposta a estas subidas e descidas, no ponto de coleta, é quase instantânea.

Apesar das variações de salinidade terem comportamento semelhante em marés diferentes, suas médias não são iguais: na maré de quadratura foi de $33,6^{\circ}/\text{‰}$, enquanto que na maré de sizígia foi de $34,1^{\circ}/\text{‰}$. Os mais elevados valores de salinidade na maré de sizígia são devidos ao maior volume de água

TABELA II

Valores de características físico-químicas do estuário do Rio Cocó, obtidos através de medições num período de 12 horas, em 27.05.83.

| Hora do dia | Salinidade ($^{\circ}/\text{‰}$) | Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | O ₂ dissolvido (mg/l) | Velocidade da corrente (m/s) | Direção da corrente | Material em suspensão (mg/l) |
|-------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 6:30 | 34,0 | 28,0 | — | 0,40 | E | 31 |
| 7:00 | 33,0 | 29,0 | — | 0,90 | SE | — |
| 7:30 | 33,5 | 28,0 | 7,9 | 1,00 | E | — |
| 8:00 | 33,5 | 29,0 | 7,9 | 1,10 | E | — |
| 8:30 | 36,0 | 27,0 | 6,7 | 1,10 | SE | 282 |
| 9:00 | 33,0 | 28,0 | 6,2 | 0,95 | SE | — |
| 9:30 | 32,0 | 30,0 | 6,5 | 0,90 | E | 155 |
| 10:00 | 34,0 | 30,0 | 6,5 | 0,90 | E | — |
| 10:30 | 32,0 | 31,0 | 6,4 | 0,75 | E | 106 |
| 11:00 | 32,0 | 31,0 | 6,3 | 0,60 | ENE | — |
| 11:30 | 33,0 | 31,0 | 6,1 | 0,30 | E | 267 |
| 12:00 | 34,0 | 30,0 | 6,2 | 0,20 | E | — |
| 12:30 | 34,0 | 29,0 | 6,5 | 0,25 | E | 228 |
| 13:00 | 34,0 | 29,0 | 6,5 | 0,05 | ESE | — |
| 13:30 | — | — | — | — | — | — |
| 14:00 | 33,5 | 30,0 | 6,3 | 0,05 | WSW | 175 |
| 14:30 | 34,5 | 29,0 | 5,6 | 0,10 | WSW | — |
| 15:00 | 35,0 | 29,0 | 5,8 | 0,15 | WSW | 98 |
| 15:30 | 35,0 | 28,0 | 6,0 | 0,65 | SW | — |
| 16:00 | 37,0 | 27,0 | 6,0 | 0,75 | SW | 182 |
| 16:30 | 36,5 | 27,5 | 6,2 | 1,00 | SW | — |
| 17:00 | 35,0 | 28,0 | 6,3 | 1,00 | SWS | 297 |
| 17:30 | 35,0 | 28,0 | 6,2 | 0,90 | SW | — |
| Média | 34,1 | 28,9 | 6,2 | 0,64 | — | 181,1 |

salgada transportado para dentro do estuário, neste ciclo.

A temperatura da água está sujeita a pequenas variações durante o dia (figuras 4 e 5). Observando-se estas figuras notamos que as temperaturas têm uma tendência de elevação nas horas próximas ao meio-dia, devido principalmente à maior incidência de raios solares neste horário. Contudo, as médias para as

marés de sizígia e quadratura são idênticas, com valor de $28,9^{\circ}\text{C}$. Os movimentos de entrada e saída de água salgada no estuário não modificam os valores da temperatura.

O oxigênio dissolvido na água teve médias idênticas nas duas séries de medições, com valores de $6,2\text{ mg/l}$. Na maré de quadratura os valores variaram entre $4,5$ e $7,5\text{ mg/l}$ e na maré de sizígia entre

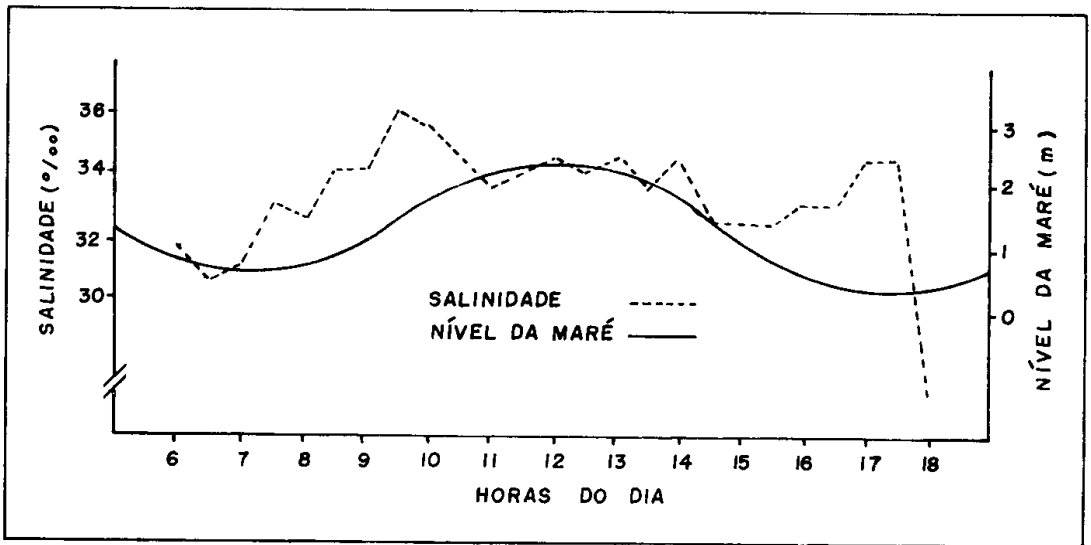


Figura 2 — Variação da salinidade e nível da maré, em função da hora do dia, na maré de quadratura.

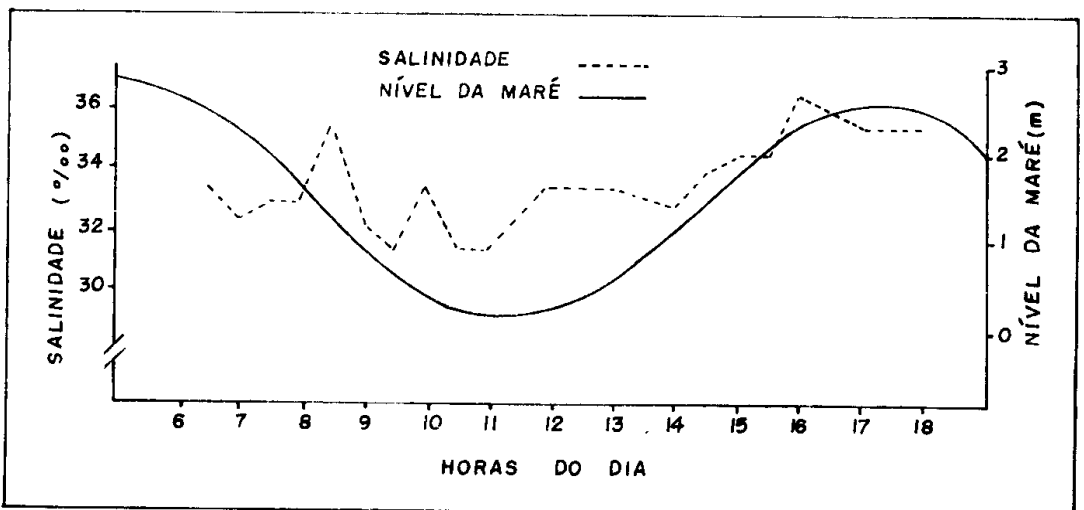


Figura 3 — Variação da salinidade e nível da maré, em função da hora do dia, na maré de sizígia.

5,6 e 7,9 mg/l. Em termos globais, as variações foram pequenas e não mantiveram uma relação fixa com o movimento das marés ou com a hora do dia. Estes teores, contudo, são elevados em relação à média dos oceanos, provavelmente devido à grande atividade fotossintética da rica flora existente nas áreas de mangues estuarinos.

Os levantamentos batimétricos foram efetuados com auxílio de uma régua graduada, medindo-se a profundidade em diversos pontos, a intervalos de um metro, seguindo-se um corte perpendicular ao fluxo do rio e passando sobre o ponto de medições da estação 1 (figura 6). Com estas profundidades e conhecendo-se os níveis de maré, asso-

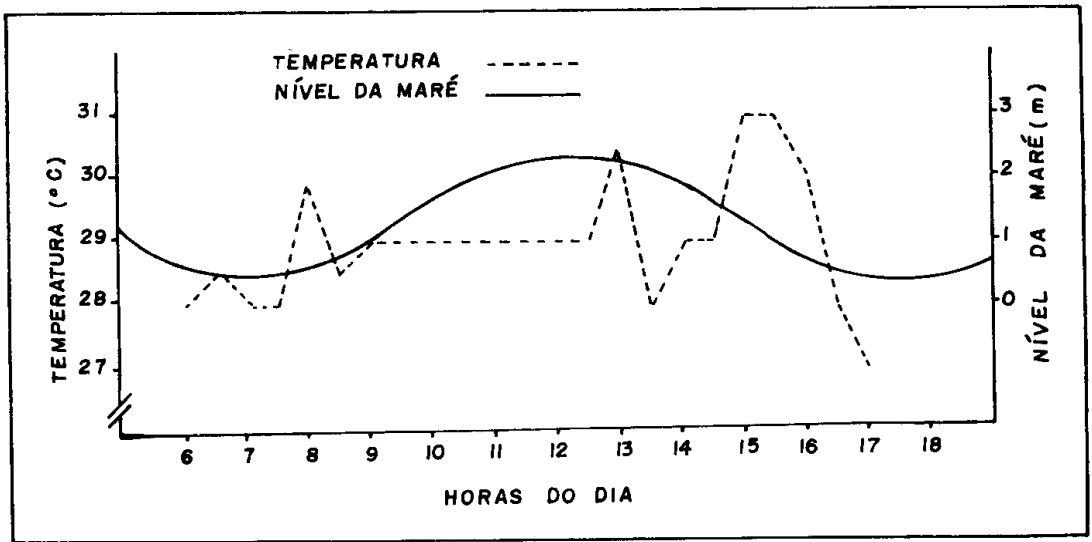


Figura 4 – Variação da temperatura e nível da maré, em função da hora do dia, na maré de quadratura.

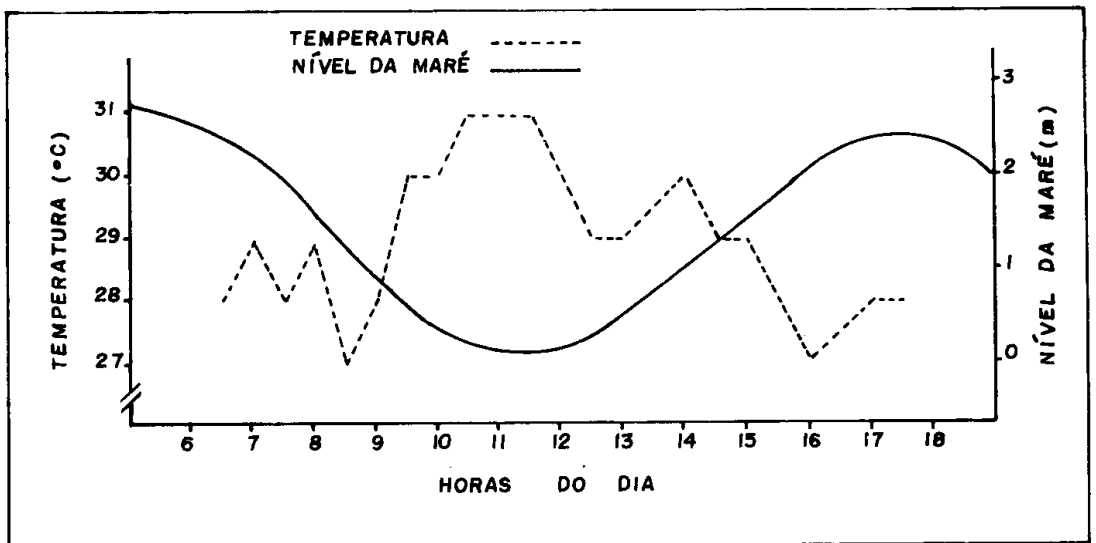


Figura 5 – Variação da temperatura e nível da maré, em função da hora do dia, na maré de sizígia.

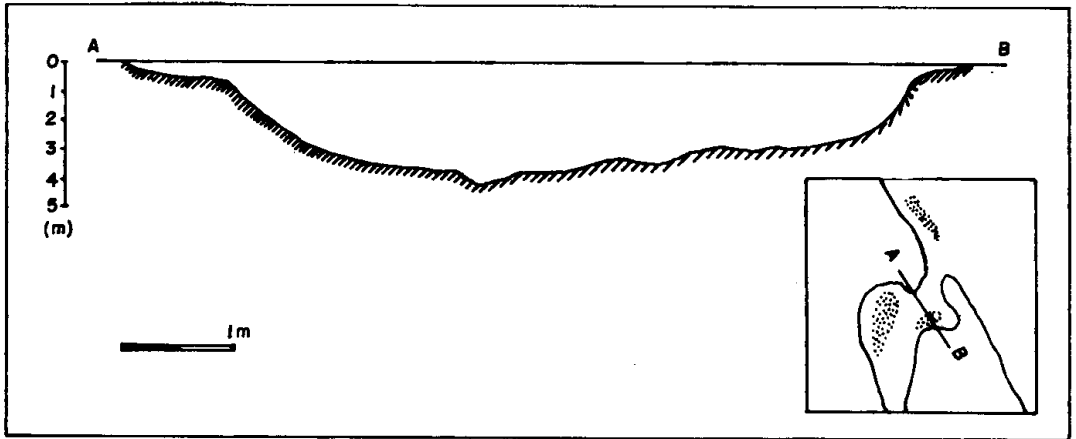


Figura 6 — Corte de uma seção do estuário do Rio Cocó, na estação de coleta n.º 1.

ciados aos dados de velocidade e direção da corrente, foi possível calcular a seção molhada e a vazão do rio.

A maré dinâmica do estuário do Rio Cocó atingiu, nas marés de quadratura e sizígia, os níveis máximos de 1,90 m e 2,50 m, respectivamente.

A velocidade da corrente, no ciclo de maré de quadratura, atingiu um máximo de de 0,85 m/s, tanto no fluxo quanto no refluxo da maré. Isto sugere que no ponto de coleta predomina a força da maré sobre a correnteza do rio. Na maré de sizígia o máximo de velocidade foi de 1,10 m/s na vazante, e 1,00 m/s na enchente. Neste ciclo, o volume de descarga do rio contribuiu com um ligeiro aumento na velocidade da água.

A concentração de sólidos em suspensão no estuário do Rio Cocó variou, na maré de quadratura, entre 10 e 307 mg/l, com média de 170,4 mg/l. Na maré de sizígia variou de 21 a 397 mg/l, com média de 181,1 mg/l. Observando as tabelas I e II, nota-se que as maiores concentrações de material em suspensão ocorreram quando as direções foram S, SW e WSW, indicando que as águas, ao entrar no estuário, trazem mais sólidos do que ao sair.

Os teores de sólidos em suspensão, associados à vazão do rio, na maré de quadratura, demonstram que na

enchente entram no estuário 87,74 kg/s de material em suspensão e saem com a vazante 52,20 kg/s, ficando um saldo de 35,54 kg/s de material depositado no estuário do Rio Cocó. Durante a maré de sizígia entram com a enchente 78,55 kg/s e saem com a vazante 58,21 kg/s. Temos então, neste ciclo de maré, um saldo de 20,34 kg/s que ficam depositados no estuário.

A longo prazo é difícil analisar o comportamento dos sedimentos transportados, uma vez que as observações foram realizadas num mesmo período do ano, tornando-se impossível fazer um balanço anual do transporte.

CONCLUSÕES

1) A cobertura sedimentar da calha do Rio Cocó é, predominantemente, areia quartzosa de granulação variando de média a fina, apresentando-se mais grosseira na desembocadura.

2) A salinidade da água varia proporcionalmente com o nível da maré.

3) A temperatura da água está sujeita a pequenas variações diurnas, com uma tendência de elevação nas horas próximas ao meio-dia.

4) A grande atividade biológica nos mangues do estuário do Rio Cocó deve

ser responsável pelos altos teores de oxigênio dissolvido na água.

5) A hidrodinâmica do estuário apresenta características de simetria, com seis horas de fluxo e seis de refluxo da maré.

6) A velocidade da água está relacionada com o movimento da maré, com a morfologia do estuário e com o fluxo de água doce. Os máximos de velocidade aconteceram no refluxo da maré, chegando a 1,10 m/s.

7) Os cálculos realizados, tomando-se como base as concentrações de sólidos em suspensão no fluxo e refluxo da maré e na vazão do rio, mostram que, no período em estudo, houve deposição de material no estuário do Rio Cocó.

Agradecimentos — Os autores agradecem ao estudante de Engenharia de Pesca, Péricles Carvalho Gama Filho e ao Estudante de Engenharia Mecânica, Luiz Parente Maia, por suas participações efetivas na execução dos trabalhos de campo.

SUMMARY

English title: Preliminary study of hydrodynamic and sedimentological features of Cocó River estuary, Ceará State, Brazil.

This work is based on a survey of the Cocó River estuary and aims at defining some hydrodynamic features related to temperature, salinity, dissolved oxygen and dissolved solids.

The main conclusions are as follows:

1 — The sedimentary covering of the trough of Cocó River is, predominantly, quartzose sand of medium to fine granulation, turning coarser at the river mouth.

2 — The water salinity varies in proportion to the tide level.

3 — The water temperature is subject to small diurnal fluctuations, with a tendency for a rise around midday.

4 — The intense biological activity in the estuary mangrove area is bound to be responsible for the high content of dissolved oxygen in the water.

5 — The estuary hydrodynamics shows features of symmetry, with six-hour periods of water inflow and outflow.

6 — The water speed is related to tide movement, estuary morphology and outflow of freshwater. Maximum speed took place at the tide ebbing, reaching a value of 1.10 m/s.

7 — Calculations based on concentrations of suspended solids and on river discharge rate, reveal that there has been a deposition of material in the Cocó River estuary.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bonnefille, R. — 1976 — *Cours d'hydraulique maritime*. Editora Masson, VII + 159 pp., Paris.

Le Douarec, P. — 1978 — *L'intrusion saline dans l'estuaire interne de la Loire. Étude du front de salinité et ses variations saisonnières*. These présentée a l'U.E.R. des Sciences de la Nature de l'Université de Nantes, pour obtenir le titre de Docteur de 3^{ème} Cycle, 197 pp., Nantes.

Morais, J. O. & E. S. Pitombeira — 1977 — Comportamento hidrodinâmico e sedimentológico do estuário do Rio Bacanga. *Arq. Ciên. Mar.* Fortaleza, 17 (2): 165 — 174.

Panzarini, R. N. — 1967 — *Compêndio de oceanografia física*. Instituto de Publicaciones Navales, 350 pp., Buenos Aires.