

ESTUDOS DE HIDRÁULICA MARÍTIMA NA REGIÃO  
COSTEIRA DE PERNAMBUCO E SERGIPE

Simpósio Sobre Tendências Atuais no Projeto e  
Execução de Estruturas Marítimas.

U.F.R.J. - Abril/1977

ESTUDOS DE HIDRÁULICA MARÍTIMA NA REGIÃO  
COSTEIRA DE PERNAMBUCO E SERGIPE

Jefferson Vianna Bandeira  
Divisão de Radioisótopos - IPR - Nuclebrás  
Caixa Postal 1941 - Belo Horizonte, Minas Gerais

RESUMO

Quando dos estudos sedimentológicos com a utilização de traçadores radioativos, ao largo do cordão de recifes, em Suape, com vistas a determinar a taxa de movimentação de sedimentos de fundo, em regime de inverno e regime de verão, foram efetuadas medições de ondas e correntes bem como foram medidas ou registradas as marés e ventos do local.

O objetivo principal das medições dos parâmetros hidráulicos e meteorológicos foi o relacionamento do comportamento sedimentológico do material de fundo, que pode se movimentar por arraste, com as ações hidrodinâmicas responsáveis por tal movimento.

É feita uma análise da influência de agentes hidráulicos e meteorológicos sobre as correntes registradas. Estas são de baixa intensidade da região próxima ao fundo até junto à superfície e são comandadas mais pela influência de ondas e ventos que pela influência da maré.

A pequena movimentação de sedimentos de fundo ao largo do cordão de recifes em época de inverno e de verão está de acordo com as fracas ações hidrodinâmicas presentes.

São também comparadas as características ondulatórias de Suape com as de Aracaju, já estudadas pelo autor em trabalho anterior e chega-se à conclusão que estas são bastante semelhantes, tanto em regime de inverno quanto em regime de verão.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata sobretudo das medições hidráulicas efetuadas ao largo do cordão de recifes, em Suape-PE, quando de estudos sedimentológicos efetuados no local, em 1974 e 1975, com a utilização de traçadores radioativos.

Tais estudos sedimentológicos foram contratados com a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (atual Nuclebrás) pela Transcon S.A. Consultoria Técnica, sendo a Companhia de Desenvolvimento Industrial de Pernambuco (DIPER) a principal interessada e interveniente pagadora. A Transcon S.A. foi a autora do Plano Diretor do Complexo Industrial de Suape e para a sua elaboração foi necessário entre outros, o conhecimento da taxa de movimentação de sedimentos de fundo ao largo do cordão de recifes em Suape, em situações hidrâulico-meteorológicas características na região. Tal movimentação está ligada à dragagem de um canal de acesso ao futuro porto e à previsão de assoreamento. O canal, segundo o lay-out final apresentado, situa-se na região assinalada na Figura 1, necessitando de uma abertura artificial no cordão de recifes.

As medições hidráulicas, quando dos trabalhos sedimentológicos, foram executadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias do Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis (atualmente Portobrás).

Foram efetuados estudos de movimentação de sedimentos de fundo com a utilização de traçadores radioativos nos pontos: PI<sub>1</sub> no inverno de 1974 e PI<sub>2</sub> e PI<sub>3</sub> no verão de 1975 (Fig. 1). Os resultados desses estudos sedimentológicos são apresentados na ref. (1), trabalho apresentado a esse mesmo simpósio.

2. CONDIÇÕES HIDROGRÁFICAS - CAMPANHAS DE MEDIÇÕES  
HIDRÁULICAS

A linha de recifes em Suape se estende na direção SSW-NNE em uma extensão de aproximadamente 10km, fazendo um ângulo de cerca de 24° com o norte verdadeiro (Fig. 1). A face externa da barreira de recifes possui uma declividade bastante

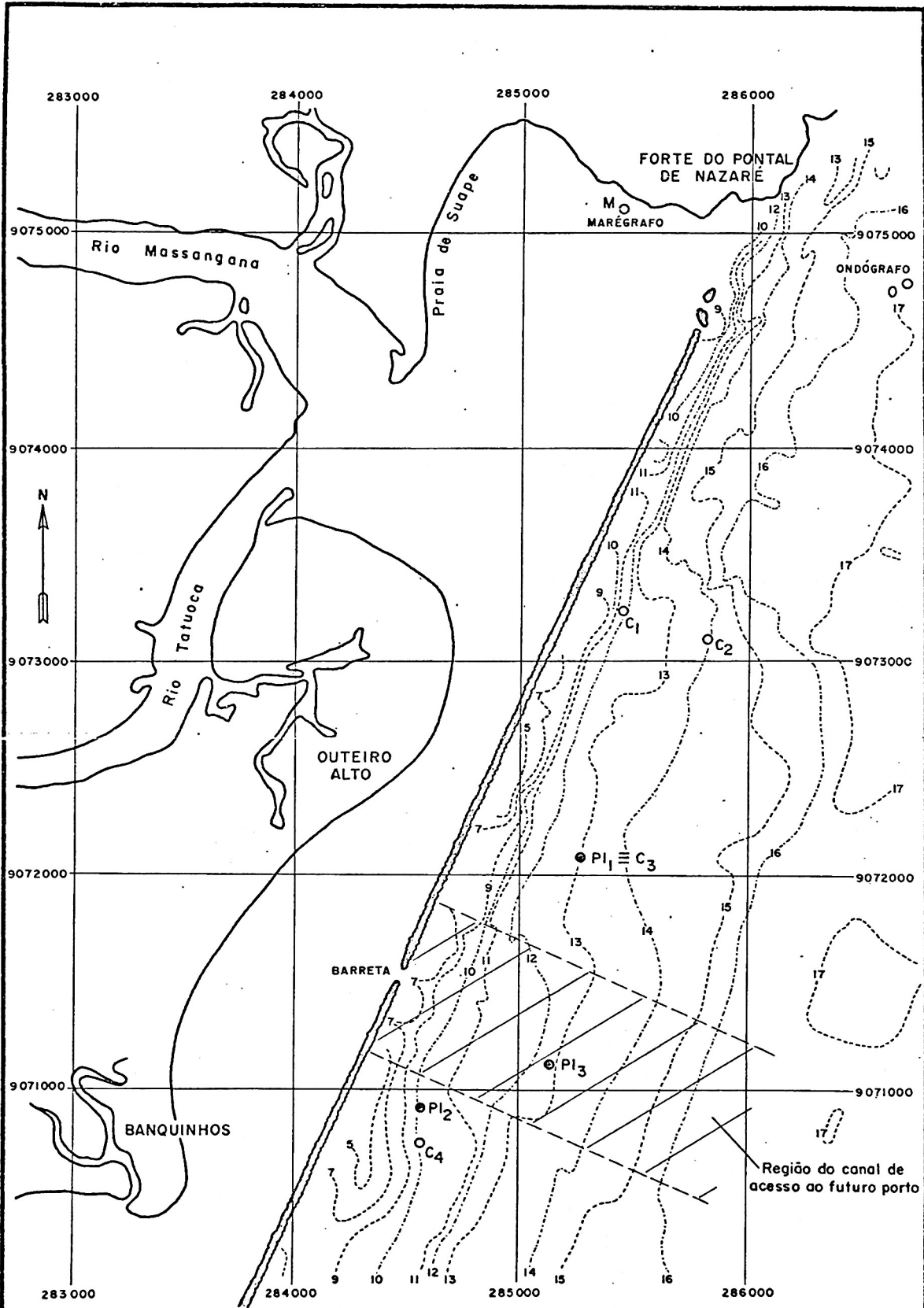


FIG. 1

LOCALIZAÇÃO DE PONTOS DE MEDIÇÕES DE ONDA (O), MARÉ (M) E CORRENTE (C) E PONTOS DE INJEÇÃO DE SEDIMENTOS RADIOATIVOS (P)

$C_1, C_2, C_3$  e  $PI_1$  : Estudos de Inverno  
 $C_4, PI_2$  e  $PI_3$  : Estudos de Verão

acentuada. As profundidades aumentam rapidamente em direção ao largo, sendo que a cerca de 100 metros do alinhamento dos recifes são encontradas profundidades de 8 a 10 metros (Fig. 1).

Na região da Barreta (2km para NE e 2km para SW) as isóbatas de -9m a -16m seguem uma orientação geral paralela à barreira de recifes. Nesta região, entre as isóbatas de -10m e -14m, foram efetuados os estudos sedimentológicos com traçadores radioativos e a maioria das medições hidráulicas nas campanhas de inverno e de verão.

A campanha de medições hidráulicas, efetuada de junho a setembro de 1974 e em janeiro e fevereiro de 1975, constou de:

a) registro de ondas com a utilização de um ondógrafo autônomo a ultra som da marca Neyrpic, duas vezes por dia, às 8:00 horas e 16:00 horas, com o aparelho fundeado na profundidade de 17 metros, no ponto assinalado na Figura 1. Observação visual de direção de incidência de ondas na região de fundeio do ondógrafo (isóbata de -17 metros), por intermédio de teodolito instalado no Cabo de Santo Agostinho, duas vezes por dia, nos momentos de registro de onda.

b) medições de corrente nos pontos C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub> nos meses de inverno e no ponto C<sub>4</sub> nos meses de verão. Foi utilizado um correntógrafo de registro fotográfico da marca Mecabolier, sendo este instalado em um ponto fixo em cada vertical, a 0,4 da profundidade média do local, contada a partir do fundo, registrando correntes em cada ponto, de 6 em 6 minutos, durante, no mínimo, meio mes lunar, abrangendo marés de sizígia e de quadratura. Foram efetuadas simultaneamente medições de corrente ao longo da vertical, nos mesmos pontos de fundeio do correntógrafo, durante ciclos completos de maré de diferentes amplitudes objetivando o estudo da variação da intensidade e direção da corrente com a profundidade. Para estas medidas foi utilizado um correntômetro da marca Hydroproducts.

Na análise e interpretação das medições de corrente foram utilizadas medições de ventos bem como os registros de maré obtidos do marégrafo instalado em Suape (Fig. 1).

Estas medições foram programadas com o intuito de verificar o relacionamento das ações hidrodinâmicas com a movimentação de sedimentos de fundo. Para um estudo exaustivo da circulação de água seriam necessários vários aparelhos medindo correntes, de preferência simultaneamente, em vários locais e em diversas profundidades.

Entretanto a análise dos dados obtidos nas campanhas de inverno e verão, levando em consideração a influência dos agentes vento, maré e ondas permitiu um conhecimento razoável da intensidade da corrente e características de circulação na região vizinha, ao largo do cordão de recifes, bem como da importância relativa de cada um dos agentes.

### 3. ANÁLISE E RESULTADOS

#### 3.1. Registros de ondas

##### 3.1.1. Método de análise.

Na análise dos registros de ondas foi utilizado o método de Tucker-Draper (2). Obteve-se de cada registro as seguintes características:

$H_1$  : assimilado à altura máxima, soma da crista mais alta com o cavado mais baixo.

$H_s$  : altura significativa (equivalente à altura média do terço das ondas mais altas do registro).

$T_z$  : período das interseções ascendentes do registro com a linha tomada como nível médio, igual à razão entre a duração do registro e o número de interseções ascendentes ( $N_z$ ).

$T_c$  : período das cristas, igual a razão entre a duração do registro e o número de cristas de ondas registradas ( $N_c$ ).

$\epsilon$  : parâmetro de largura do espectro, indicador da faixa de frequências das ondas componentes do trem de ondas registradas

$$\epsilon = \sqrt{1 - \left(\frac{T_c}{T_z}\right)^2}$$

## 3.1.2. Resultados.

Com a aplicação do método de análise ondulatória de Tucker-Draper às ondas registradas em Suape, de junho a setembro de 1974 e em janeiro e fevereiro de 1975 foi possível esta belecer as características ondulatórias e os seus intervalos de variação, valores mais frequentes, etc; as quais para os dois intervalos de registros são apresentadas a seguir de forma resumida.

## PARÂMETROS ONDULATÓRIOS (SUAPE-PE)

MESES DE INVERNO - 1974			
Grandeza	Intervalo de Variação	Valor mais Frequente	Percentagem de Ocorrência
$T_z$	5 a 10seg.	7seg	52,0
$H_1 = H_{m\acute{a}x}$	1,5 a 3,8m	2,7m	12,0
$H_s$	0,9 a 2,4m	1,6m	16,0
$\epsilon$	0,25 a 0,68	0,50 e 0,55	22,7
Direção de Inc. de Ondas	117° a 168°	130°	33,1
MESES DE VERÃO - 1975			
$T_z$	6 a 7seg	6seg	61,7
$H_1 = H_{m\acute{a}x}$	1,4 a 2,6m	1,6; 1,9 e 2,0m	14,7
$H_s$	0,9 a 1,6m	1,1m	14,7
$\epsilon$	0,14 a 0,59	0,40	29,4
Direção de Inc. de Ondas Prof: 17m	104° a 125°	110°	65,0

A comparação dos parâmetros ondulatórios dos meses de inverno e de verão mostra que há uma variação nítida desses parâmetros nas duas épocas, o que permite caracterizar dois regimes ondulatórios distintos, um de inverno e outro de verão. Assim:

a) A gama de variação dos períodos ( $T_z$ ) é maior em regime de inverno que no regime de verão, embora os valores mais frequentes sejam da mesma ordem.

b) Em regime de inverno as ondas são relativamente mais altas.

c) Nos dois regimes predominam as ondas com direção de propagação na profundidade de 17 metros maior que  $90^\circ$ . Em regime de inverno a direção mais frequente é SE, enquanto no regime de verão a direção mais frequente é ESE.

d) As ondas em regime de verão possuem mais características de ondulação, relativamente às ondas do regime de inverno. A comparação dos valores do parâmetro de largura do espectro ( $\epsilon$ ) nos dois regimes, mostra isso. Tal fato pode ser explicado, em parte, pela ocorrência de fortes ventos locais de S e SE soprando durante um tempo considerável na época do inverno. Assim são geradas vagas locais de altura não desprezível, as quais se superpõem às vagas e ondulações vindas do largo.

### 3.1.3. Comparação entre os regimes ondulatórios de Suape - PE e Aracaju - SE.

Foram efetuados registros de ondas no largo da praia de Atalaia em Aracaju, durante cerca de um ano, entre setembro de 1965 e setembro de 1966, por intermédio de um ondógrafo Neyrpic, igual ao utilizado em Suape, fundeado na profundidade de 20 metros. Tais registros, efetuados duas vezes por dia, foram parte dos estudos para o Terminal Petrolífero Oceânico de Aracaju. A análise do regime ondulatório ao largo de Aracaju encontra-se detalhada nas referências (3) e (4).

O quadro a seguir mostra, em resumo, as variações e valores mais frequentes dos parâmetros ondulatórios em Aracaju, para as épocas do ano, correspondentes aos registros de ondas de Suape.



## ESTUDOS HIDRÁULICOS EM PERNAMBUCO E SÉRGIPE

## PARÂMETROS ONDULATÓRIOS (ARACAJU-SE)

MESES DE INVERNO - 1966			
Grandeza	Intervalo de Variação	Valor mais Frequente	Porcentagem de Ocorrência
$T_z$	5 a 9seg	6seg	58,7
$H_1 = H_{m\acute{a}x}$	1,2 a 4,0m	2,4m	9,8
$H_s$	0,8 a 2,5m	1,4m	14,0
$\epsilon$	0,50 a 0,80	0,55	44,1
Direção de Inc. de Ondas Prof: 20m	100° a 140°	120°	46,1
MESES DE VERÃO - 1966			
$T_z$	5 a 8seg	6seg	63,2
$H_1 = H_{m\acute{a}x}$	1,2 a 2,7m	1,7m	22,4
$H_s$	0,7 a 1,7m	1,1m	39,5
$\epsilon$	0,50 a 0,85	0,55	39,5
Direção de Inc. de Ondas Prof: 20m	80° a 130°	95°	27,8

Em primeira aproximação não é fora de propósito com parar as ondas registradas em Aracaju na profundidade de 20 metros com as ondas registradas em Suape na profundidade de 17 metros. As ondas em sua maioria, e principalmente as mais altas, são relativamente curtas (6 a 7 seg.). Ainda que as profundidades de 17 e 20 metros sejam, à luz da teoria das ondas de pequena amplitude, consideradas profundidades intermediárias relativamente às ondas de períodos 6 e 7 segundos, a variação de altura que essas ondas sofrem, devido ao processo de empinamento(\*) ("shoaling"), ao se propagarem da profundidade de 20 metros para 17 metros é relativamente pequena comparada com a altura inicial da onda. Aliado a isto, o fato de a maioria das ondas terem, nessas profundidades, as cristas pouco inclinadas relativamente às isóbatas que são sensivelmente paralelas entre si, tanto em Aracaju quanto em Suape, faz com que sejam de pouca importância as alterações em direção de propagação das ondas devido ao processo de refração.

A comparação, através dos quadros resumo, dos intervalos de variação e valores mais frequentes dos parâmetros ondulatórios de Suape e Aracaju em meses de inverno e de verão, permite concluir que as características ondulatórias nos dois locais são bastante semelhantes. Há muita concordância no que se refere a alturas significativas e períodos. Também os valores mais frequentes das direções de propagação concordam nos seguintes aspectos:

- a) a maioria das ondas nos dois locais e para os dois regimes têm direção de propagação fazendo um ângulo com o norte verdadeiro maior que  $90^{\circ}$ .
- b) Para o regime de inverno, nos dois locais, as ondas mais frequentes são de SE.

O fato dos regimes ondulatórios de Suape e Aracaju serem muito parecidos é uma informação que pode ser aproveitada em estudos futuros na costa do nordeste. Existem registros de onda efetuados ao largo de Maceió - AL pelo "Danish Hydraulic Institute" de Copenhague - Dinamarca, durante a fase de estudos

(\*) Denominação de autoria do oceanógrafo brasileiro, Almirante Paulo de Castro Moreira da Silva.

para a implantação de um porto na região. Tais dados colhidos em uma região intermediária poderão ser comparados com os de A racaju e Suape, e com outros registros de ondas efetuados na costa nordeste.

As duas regiões de registros de onda comparadas dis tam entre si aproximadamente 380km. Ainda que as ondas nos dois locais não tenham sido registradas simultaneamente, o que asse guraria condições meteorológicas mais homogêneas, essa compara ção de ondas obtidas em épocas análogas de anos diferentes é vã lida desde que admitamos que, em média, as ocorrências meteorológicas no Atlântico Sul sejam sensivelmente repetitivas de ano para ano em épocas análogas. Estudos mais rigorosos do clima de ondas da costa brasileira e suas variações de local para lo cal certamente demandarão medições simultâneas em vários locais e com duração maior que um ano. As publicações tais como as "Sea and Swell Charts" (5) e "Ocean Wave Statistics" (6) dão um panorama geral do clima de ondas ao largo da costa brasileira e suas variações em diversas regiões, mas em muitas aplicações de Engenharia de Costas e Hidráulica Marítima é necessário um co nhecimento mais detalhado e com maior precisão dos parâmetros ondulatórios junto à costa, o que nem sempre é possível obter através de cálculos de empinamento e refração das característi cas ondulatórias do largo, fornecidas por aquelas publicações.

### 3.2. Ocorrência de ventos

#### 3.2.1. Suape.

a) Inverno: Nos meses de junho a setembro de 1974 o correram ventos de NE a SW, havendo uma predominância absoluta dos ventos SE ( $114^{\circ}$  a  $159^{\circ}$ ) e S ( $160^{\circ}$  a  $205^{\circ}$ ). Ventos dos qua drantes E ( $68^{\circ}$  a  $113^{\circ}$ ) e NE ( $22^{\circ}$  a  $67^{\circ}$ ) ocorreram mais no mes de setembro com intensidades médias inferiores às observadas pa ra os ventos de SE e S dos meses anteriores. Houve poucos e curtos períodos de calmaria. Nesse período os ventos reinantes e dominantes foram do quadrante SE, tendo havido vários tempo - rais. A maior velocidade de vento registrada no intervalo foi de 6/7/74 com rajadas de cerca de 30 nós. As velocidades mé dias diárias mais frequentes ficaram situadas na faixa de 7 a

10 nós.

b) Verão: Nos meses de janeiro e fevereiro de 1975 o correram ventos com direções compreendidas entre  $30^{\circ}$  e  $120^{\circ}$ , sen do portanto dos quadrantes NE, E e SE. Os ventos E foram os ventos reinantes pois em cerca de 74% do tempo de ocorrência e les provinham daquele quadrante. Os ventos do quadrante NE e SE atuaram cerca de 21% e 5% do tempo, respectivamente. Os ven tos registrados tiveram velocidade na faixa de 4,0 a 16,4 nós. Os ventos de maior velocidade, na faixa dos 16 nós, ocorreram tanto do quadrante E como de NE, não havendo portanto dominân cia de um determinado quadrante.

Tais informações foram extraídas das medições de ven to efetuadas no Forte de Nazaré, no Cabo Santo Agostinho, duran te os estudos hidráulicos sedimentológicos em Suape.

### 3.2.2. Aracaju.

Os registros de vento do Aeroporto Santa Maria em Ara caju de 1965 e 1966 foram analisados estatisticamente e o resul tado dessa análise é apresentado detalhadamente na referência (3).

A título de comparação dos ventos locais de Aracaju com os de Suape nas épocas respectivas de registros de onda nos dois locais extraímos da referência (3) as seguintes informa ções:

- a) Durante o ano os ventos ocorreram principalmente entre  $40^{\circ}$  e  $160^{\circ}$  em relação ao norte verdadeiro, portanto sempre sopraram do mar para a terra.
- b) A maior parte dos ventos registrados (76,6%) durante o ano te ve velocidade na faixa de 4 a 16 nós.
- c) Os ventos dominantes considerando todo o ano foram os de E, com 38,2% na faixa de 4 a 16 nós. Na mesma faixa os ventos SE apresentam uma percentagem total anual de 24,4%.
- d) Nos meses de junho a agosto os ventos reinantes foram de SE. Em setembro se alternaram os ventos SE e E.
- e) Em janeiro e fevereiro houve uma predominância acentuada dos ventos do quadrante E.

Pode-se observar que houve uma concordância razoável dos ventos locais de Suape e de Aracaju nas épocas de registros de ondas em ambos os sítios.

### 3.3. Medições de correntes

#### 3.3.1. Metodologia.

As correntes registradas e medidas em Suape foram analisadas com o objetivo de se encontrar uma possível relação entre as correntes, nos vários locais e nas diferentes profundidades, com as marés, ventos e ondas da região.

Em relação a maré foi pesquisado se a ocorrência de valores relativamente altos da velocidade correspondia a determinados instantes característicos da maré e se os valores relativamente baixos ou nulos correspondiam a outros instantes. Pesquisou-se também se havia uma relação direta entre a intensidade da corrente e a amplitude da maré, bem como a possível relação entre a variação da direção da corrente e inversões com os instantes característicos do ciclo de maré.

Relativamente aos ventos locais foi pesquisada a possível relação entre a intensidade e direção das correntes registradas com a intensidade e direção do vento, pois o vento gera corrente de deriva. Especial atenção foi dada às ocasiões de mudança nítida de direção de incidência de vento da direita para a esquerda da normal à linha de recifes e vice-versa. O azimute da normal é  $114^{\circ}$ .

A influência das ondas nas correntes registradas foi pesquisada levando-se em conta as características ondulatórias locais e as direções de incidência predominantes, nos meses de inverno e de verão. Com a propagação ondulatória ocorre um deslocamento de massa líquida na direção de propagação das ondas (corrente de transporte de massa), cuja intensidade é função das características ondulatórias e da profundidade do local.

#### 3.3.2. Resultados.

Resumiram-se das referências (7) e (8), os resultados das medições de corrente, os quais são apresentados a seguir.

## 3.3.2.1. Meses de inverno

- a) As correntes registradas ou medidas nos pontos  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$  (Fig. 1) tiveram baixas intensidades, não excedendo de  $0,39\text{m/s}$  a 1 metro da superfície e cerca de  $0,20\text{m/s}$  a 1 metro do fundo.
- b) Predominaram as correntes para NE, paralelamente ao cordão de recifes, sendo para NE também as correntes relativamente mais intensas. Houve poucas e curtas ocasiões em que a corrente se dirigiu para o quadrante sul, sendo relativamente menos intensa ( $v < 0,20\text{m/s}$ ) nessas oportunidades.
- c) Não foi constatada uma variação sistemática da corrente (intensidade e direção) com o ciclo e nem, com a amplitude da maré.
- d) Houve uma nítida concordância entre ventos do quadrante SE, S e SW e correntes para NE. As poucas ocasiões em que a corrente se dirigiu para SW corresponderam a ventos de E e NE. Houve também concordância relativamente a períodos de velocidade média da corrente mais alta corresponderem a maiores intensidades médias de ventos, sendo semelhantes os parâmetros ondulatórios. Foi mais marcada a influência do vento nas correntes na metade superior da vertical de cada ponto de medida, o que é uma constatação lógica, pois a ação do vento diminui da superfície para o fundo.
- e) Com a direção de incidência das ondas predominando de SE, a corrente de transporte de massa associada a ela incidiu à esquerda da normal à barreira de recifes, colaborando para uma movimentação das águas com resultante geral para os quadrantes N e NE, sobretudo nas proximidades do fundo e próximo à superfície, onde o transporte de massa (admitindo o esquema bidimensional de circulação) tem o sentido da propagação das ondas.

## 3.3.2.2. Meses de verão

- a) Foram registradas correntes a 4 metros do fundo no ponto  $C_4$  entre 17/1/75 e 12/2/75. Elas foram de baixa intensidade, sendo o maior valor registrado igual a  $0,24\text{m/s}$ . Foram realizadas também medições a correntômetro ao longo da vertical do mesmo ponto, durante 3 ciclos completos de maré de amplitudes diferentes (1,0m; 1,9m e 2,4m). A 1 metro da superfície a maior velocidade medida foi  $0,27\text{m/s}$ , sendo  $v = 0,14\text{m/s}$  a maior velocidade

medida a 1 metro do fundo.

b) Entre 17/1 e 25/1 predominaram as correntes para SE, S e SW. Entre 26/1 e 30/1 as correntes, em grande parte do tempo tiveram o sentido de N e NE. Entre 1/2 e 12/3 predominaram novamente as correntes para S e SW.

c) Da mesma forma que nos meses de inverno, não houve uma variação sistemática das correntes relativamente ao ciclo de maré. As inversões ocorridas e as variações de intensidade da corrente não se relacionam com instantes definidos do ciclo de maré. Não houve um relacionamento entre as intensidades da corrente e as amplitudes da maré.

d) As direções predominantes de incidência ( $\alpha = 110^\circ$ ) das ondas registradas nesse período, na profundidade de 17 metros, ficaram ligeiramente à direita da normal à barreira de recifes ( $\alpha < 114^\circ$ ). Considerando ainda que as isóbatas na região de estudos são sensivelmente paralelas à linha de recifes, as ondas com períodos 6 e 7 seg., que ocorreram nos meses de verão, ao se propagarem da profundidade de 17m para a profundidade de medições de corrente (10m) sofreram o processo de refração no sentido das cristas ficarem paralelas à linha de recifes. Como resultado disso, a componente corrente de transporte de massa teve a direção da normal à barreira de recifes.

e) Houve uma nítida concordância entre ventos dos quadrantes NE e E e correntes para SE, S e SW de um lado, e ventos do quadrante SE e correntes para N e NE.

f) Uma vez que, devido à direção de propagação das ondas, as correntes por ela induzidas tiveram a direção da normal à barreira de recifes, e sendo que não houve uma variação das correntes com a maré, foi a ação do vento incidindo à esquerda ou à direita da normal à barreira de recifes o principal responsável pela orientação das correntes nos meses de verão.

### 3.3.3. Cálculos de corrente de deriva e de transporte de massa.

É possível calcular a velocidade e direção das correntes de deriva e transporte de massa para condições ideais. Assim, os cálculos de corrente de deriva são baseados na ação de

um vento gerador de direção e velocidade constantes, atuando em um mar de densidade constante, em local de profundidade infinita (o fundo não interfere na corrente de deriva) e atuando o tempo suficiente para estabelecer um movimento permanente. Por outro lado, os estudos que permitem o cálculo da velocidade da corrente de transporte de massa têm como base, a corrente gerada por um trem de ondas regulares se propagando em profundidade constante. As condições reais, tais como as de Suape, são bem mais complexas. As ondas são irregulares; existe a barreira de recifes na qual as ondas se refletem parcialmente, compondo-se com as que vêm atrás; a profundidade não é constante; o vento tem direção e velocidade variáveis e a sua ação na superfície do mar, além de gerar a corrente de deriva, gera vagas locais que se sobrepõem às vagas e ondulações vindas do largo. Além disso, num caso real, o vento e as ondas atuam simultaneamente sobre a mesma massa líquida, causando interferências mútuas às suas ações.

Ainda que as correntes registradas em Suape traduzam o efeito de várias ações superpostas, a título de exemplo e comparação de ordem de grandeza, foram calculadas as componentes correntes de deriva e transporte de massa geradas, respectivamente, por ventos e ondas de características semelhantes às registradas em Suape nos meses de verão. Utilizaram-se nos cálculos, a onda com  $H = 2,5\text{m}$  e  $T = 7\text{ seg.}$ , e vento com velocidade de  $16,4\text{ nós.}$  Para o cálculo da corrente de deriva foi usada a metodologia descrita em (9).

Para o cálculo da corrente de transporte de massa utilizou-se a equação de condução desenvolvida na teoria de Longuet-Higgins (10).

Os resultados são mostrados no quadro a seguir.

Altura a partir do fundo (m)	Corrente de Deriva		Corrente de transporte de massa $V\text{ (cm/s)}$
	$V\text{ (cm/s)}$	$\beta\text{ (}^\circ\text{)}$	
1	1,2	5,5	5,6
4	5,2	5,0	- 5,1
9	11,3	3,9	5,4



Observações:

- 1)  $\beta$ : desvio para a esquerda, em graus, relativamente à direção do vento gerador.
- 2) o sinal (-)  $v = -5,1\text{cm/s}$ ; indica que o sentido da corrente é o oposto ao da propagação das ondas.

As intensidades das componentes correntes de deriva e transporte de massa calculadas, são da mesma ordem de grandeza, para fins dos estudos sedimentológicos (baixas intensidades) que as correntes registradas. A pequena movimentação de sedimentos de fundo em meses de inverno e verão, ao largo do cordão de recifes, constatada com a utilização de traçadores radioativos(1), está de acordo com as fracas ações hidrodinâmicas junto ao fundo.

4. CONCLUSÕES

1. Existem dois regimes de ondas ao largo de Suape, um de inverno e outro de verão. O regime de inverno é caracterizado relativamente ao de verão por apresentar ondas de maior altura, maior gama de valores de períodos e de direções de incidência, sendo estas em inverno mais de SE e SSE. Também em regime de inverno as ondas possuem mais características de vagas.

2. São bastante semelhantes as características ondulatórias de Suape e de Aracaju nos dois regimes.

3. As correntes ao largo do cordão de recifes em Suape são de baixa intensidade ( $v < 0,4\text{m/s}$ ) sendo comandadas mais pela ação superposta de ventos e ondas. É desprezível a influência da maré.

4. Nos meses de inverno predominou a corrente para NE, paralelamente ao cordão de recifes, e em verão houve maior alternância com correntes ora para NE ora para SE, S e SW. Houve porém uma nítida concordância entre ventos dos quadrantes SE, S e SW e correntes para NE, bem como ventos de E e NE e correntes para S e SW.

5. A movimentação desprezível de sedimentos de fundo

em Suape nos meses de inverno e verão, em profundidades de 10m e 13m, verificada com estudos sedimentológicos com traçadores radioativos, deve-se ao fato de terem sido pouco intensas as ações hidrodinâmicas de ondas e correntes junto ao fundo.

## 5. PROPOSIÇÃO

Este trabalho mostra, de modo sucinto, que há uma concordância razoável entre os climas de ondas das costas de Sergipe e Pernambuco.

São frequentemente realizadas campanhas de registros de ondas em vários pontos da costa brasileira por várias instituições nacionais e estrangeiras, com duração geralmente de um ano e às vezes até mais. É bastante dispendiosa uma campanha de registros de ondas.

Propõe-se um maior intercâmbio organizado entre as diversas instituições que se ocupam dessas medições com vistas a atualizar, otimizar e padronizar, dentro da melhor técnica, as diversas campanhas a serem executadas, bem como as metodologias de análise, visando um melhor relacionamento entre os dados de ondas obtidos nos diversos locais e a relação direta que há entre ondas e os ventos responsáveis pela sua geração. Análises espectrais dos trens de ondas registradas e conhecimento dos ventos locais e de regiões mais distantes são ferramentas importantes no esclarecimento dessa última relação.

Assim, a médio prazo, poderá ser obtido um melhor conhecimento do clima de ondas ao longo da costa brasileira a partir de medições diretas de ondas junto à costa, o que é extremamente importante na otimização dos diversos projetos de estruturas e construções marítimas que atualmente têm tido um grande impulso no país, e para um melhor conhecimento e compreensão das alterações que se processam na morfologia costeira, onde as ondas desempenham um importante papel (migrações de embocaduras, assoreamento e erosões de praias, etc). Proposição semelhante já fora feita pelo Eng. Victor Freire Motta nos cursos de Hidráulica Marítima e Engenharia de Costas já promovidos pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS - Porto Alegre, e foi

recentemente reapresentada, de maneira geral, pelo Eng. José Gilberto Dias de Andrade do CTH - DAEE de São Paulo, pelo Eng. Alberto Homsí do INPH - Portobrás e pelo autor do presente trabalho durante o Simpósio Sobre Tendências Atuais no Projeto e Execução de Estruturas Marítimas, promovido pela COPPE-UFRJ.

## BIBLIOGRAFIA

1. AUN, P.E.; BANDEIRA, J.V.; CASTRO, J.O.N.M. - "Medida da movimentação de sedimentos de fundo com traçadores radioativos, no porto de Suape, Pernambuco". Apresentado no "Simpósio Sobre Tendências Atuais no Projeto e Execução de Estruturas Marítimas". COPPE - Rio de Janeiro - abril/1977.
2. DRAPER, L. - "The analysis and presentation of wave data - A plea for uniformity". Proceedings, 10<sup>th</sup> Conference on Coastal Engineering". Tokyo - 1966.
3. MOTTA, V.F. - "Relatório sobre observações de ondas, ventos e correntes para o terminal oceânico de Aracaju". Relatório apresentado à Petrobrás S.A. - Porto Alegre, outubro/1966.
4. BANDEIRA, J.V. - "Estimativa do transporte litorâneo em torno da embocadura do rio Sergipe". IPR-UFMG, Belo Horizonte, Tese de Mestrado - novembro/1972.
5. U.S.Navy Hydrographic Office - "Sea and Swell Charts", Washington, D.C. 1948.
6. National Physical Laboratory - Meteorological Office - Ministry of Technology - "Ocean Wave Statistics" - London 1967.
7. BANDEIRA, J.V. - "Relatório final do estudo sedimentológico em regime de inverno" - IPR (relatório). Belo Horizonte, 1974. (Relatório sobre Suape apresentado a Transcon S.A.).
8. BANDEIRA, J.V. - "Análise das medições hidráulicas efetuadas em Suape, ao largo do cordão de recifes, em regime de verão". IPR (relatório) - Belo Horizonte, 1975.

ESTUDOS HIDRÁULICOS EM PERNAMBUCO E SÉRGIPE

9. MOREIRA DA SILVA, P.C. - "Oceanografia Física". Conselho Nacional de Pesquisas. Rio de Janeiro, setembro/1972.
10. LONGUET-HIGGINS, M.S. - "Mass transport in water waves". Phil. Trans., Roy. Soc. (London), ser. A, 245, 903 (march 1953).