

# ***CARACTERIZAÇÃO DE CORRENTES NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DOS ESGOTOS SANITÁRIOS DE FORTALEZA, CEARÁ, BRASIL***

Characterization of currents in the influence area of the System for Oceanic Sewerage Disposal of Fortaleza, Ceará State, Brazil

Paulo Roberto Ferreira Gomes da Silva<sup>1</sup>, Antônio Jeovah de Andrade Meireles<sup>2</sup>, Eduardo Guilherme Gentil de Farias<sup>3</sup>

## **RESUMO**

O presente trabalho de pesquisa faz uma análise da configuração do sistema de correntes costeiras atuante na área de influência do Sistema de Disposição Oceânica dos Esgotos Sanitários de Fortaleza – SDOES. A metodologia de levantamento das informações utilizou o equipamento Acoustic Doppler Current Profiler – ADCP visando à caracterização local da hidrodinâmica durante fluxo de maré vazante. De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a velocidade média de fluxo foi de 0,16 m/s para todos os perfis realizados. Dentre os perfis realizados, o terceiro perfil obteve os maiores picos de velocidade para as regiões mais profundas, sendo este de 0,23 m/s, enquanto a intensidade máxima de fluxo na superfície foi de 0,35 m/s. Para os limites inferiores da faixa de variação da velocidade, o valor estimado para a superfície (0,05 m/s) foi também maior do que o valor estimado para as regiões mais profundas (0,01 m/s). Os resultados obtidos para direção de fluxo apresentaram caráter bastante homogêneo em todos os perfis realizados, apresentando preponderância entre 270° a 330°.

**Palavras-chaves:** correntes marinhas, hidrodinâmica, Sistema de Disposição Oceânica dos Esgotos Sanitários de Fortaleza - SDOES.

## **ABSTRACT**

The present research work seeks to make an analysis of the framework of the prevailing coastal marine currents system on the influence area of the System for Oceanic Disposal of the Sewerage of Fortaleza – SDOES. The methods of information gathering made use of an Acoustic Doppler Current Profiler – ADCP device, with the main objective of characterizing the local hydrodynamics during the ebb tide flow. According to the results, the mean flow speed was 0.16 m/s in all devised transects, with the third one standing out through the highest peak speeds at the deepest layers, at 0.23 m/s, whereas the maximum flow intensity registered at the surface was 0.35 m/s. For the lower limits of the variation range of current speed, the estimated surface value of 0.05 m/s was also larger than the one found for the deep layers, namely 0.01 m/s. The results arrived at for flow direction of currents proved to be quite homogeneous in all devised transects, with a predominant direction at 270° - 330°.

**Key words:** marine currents, hydrodynamics, System for Oceanic Sewerage Disposal of Fortaleza – SDOES.

<sup>1</sup> Pesquisador do Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Av. da Abolição 3207, Fortaleza, CE 60165-081. E-mail: paulogom@labomar.ufc.br

<sup>2</sup> Professor Assistente, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, CE 60455-760. E-mail: meireles@ufc.br

<sup>3</sup> Bolsista do Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Av. da Abolição 3207, Fortaleza, CE 60165-081.

## INTRODUÇÃO

Os fluxos marinhos que interagem e definem a zona costeira criam condições hidrodinâmicas onde são geradas zonas de sedimentação e erosão, habitats, regiões de aproveitamento náutico, entre outros. O comportamento hidrodinâmico é uma condição importante para o entendimento funcional das correntes, mas sua compreensão torna-se complexa porque os métodos de medição mais acessíveis visam à quantificação de sua direção e intensidade através de modelos pontuais, na maioria das vezes com base num ponto geográfico. Sabe-se que através do atrito com o fundo subaquático a velocidade das correntes diminui e, na superfície, o vento interage também, de modo que a maior intensidade de correntes ocorre a 2/3 da profundidade local. Seriam então necessárias, pelo menos, três medidas correntométricas, na superfície, meio e fundo, para se obter o perfil de velocidade ao longo da coluna d'água e pelo menos três medidas no início, meio e fim de um determinado perfil, gerando-se ao todo nove estações pontuais. Em regiões que sofrem com as oscilações das marés todas as estações devem ser repetidas diversas vezes durante, pelo menos, o intervalo de tempo entre preamar e baixa-mar. Utilizando-se o *Acoustic Doppler Current Profiler* - ADCP é possível obter em tempo real, a intensidade e direção das correntes atuantes locais, distribuídas em células em diversas profundidades de uma coluna d'água e sobre um perfil. Torna-

se possível analisar de forma instantânea áreas que sofrem influências nas direções das correntes, vazão instantânea, áreas de melhor amostragem para estudos de qualidade da água, balanço hídrico, entre outras possibilidades se for adequada a metodologia para tais fins.

O estudo das correntes marinhas foi proposto para a caracterização local da hidrodinâmica no trecho localizado no entorno do emissário submarino de Fortaleza. Para a descrição das componentes de correntes na área solicitada ao estudo foi desenvolvido um arranjo com quatro perfis medidos em um período de maré vazante.

## ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à região final do emissário submarino da cidade de Fortaleza, definido pelas coordenadas 5516679E e 95925241N da Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 24 Sul, referenciada ao datum Córrego Alegre (Figura 1).

## MATERIAL E MÉTODOS

### O princípio de funcionamento do ADCP

O princípio de funcionamento do ADP (2005) é o do efeito Doppler. O instrumento induz um som em uma determinada frequência, que se propaga através da água e consegue captar material particu-

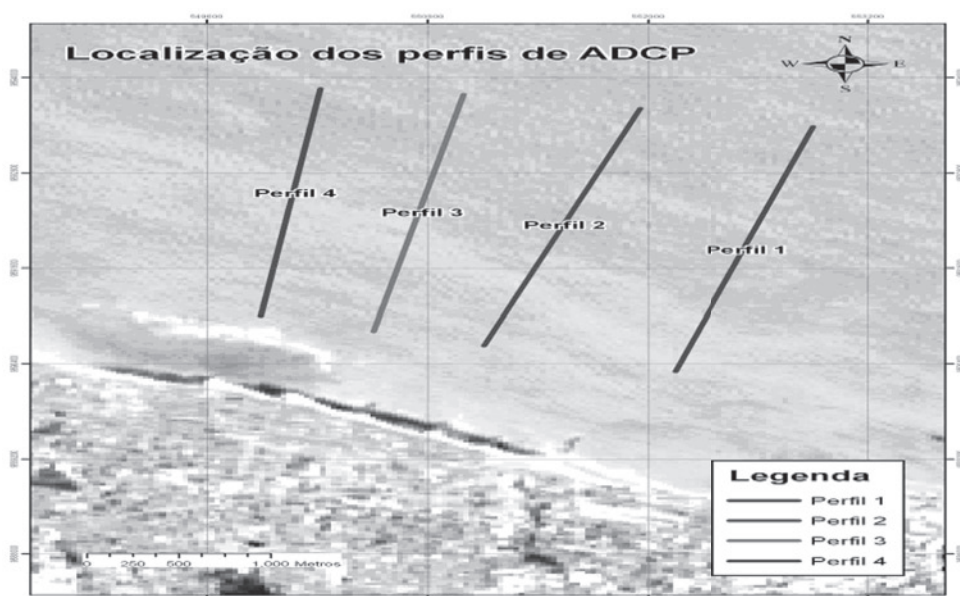


Figura 1 - Mapa da região costeira de Fortaleza, destacando os quatro perfis de *Acoustic Doppler Current Profiler* - ADCP na região do emissário submarino.

lado em suspensão, ao longo da coluna d'água, os quais refletem o som ecoando de volta ao sensor. O efeito Doppler refere-se à mudança de frequência do sinal transmitido pelo sensor, causado pelo movimento relativo entre o aparelho e o material em suspensão da água sob a ação do feixe das ondas sonoras. Como o material em suspensão se desloca na mesma velocidade da corrente de água, a magnitude do efeito Doppler é diretamente proporcional a essa velocidade. Medindo-se a frequência dos ecos que retornam do material em suspensão e comparando-a com a frequência do som emitido, o ADCP determina a velocidade da partícula que é a mesma da corrente da água, esta medida pode ser relativa a posicionamento diferencial por GPS, ou em relação ao fundo (Figura 2).

O equipamento utilizado, para medir as correntes fluviais, é um correntômetro modelo ADP 3D (*acoustic doppler profiler*) com sensor acústico de frequência 1,5 MHz, produzido pela SONTEK/YSI, capaz de medir perfis contínuos de correntes marinhas ao longo da coluna de água. O ADP é equipado com 3 sensores (*beams*) direcionados com um ângulo de 25 graus em relação à vertical. Os três sensores medem a direção (graus com relação ao norte magnético) e a intensidade da corrente (metros por segundo) ao longo dos eixos X, Y e Z. O valor resultante da direção e da intensidade da corrente é calculado pela média dos três valores obtidos ao longo dos três eixos.

Para melhor obtenção de qualidade dos dados, faz necessária a calibração ao norte magnético e o nivelamento da sonda no costado da embarcação, evitando desvios, já que os eixos X,

Y e Z devem formar planos o mais próximo dos ângulos Zênite e Nadir ( $0^\circ$  na horizontal e vertical). A navegação é feita à velocidade mínima de governo, ou seja, velocidade pouco maior que a das correntes para que a embarcação não seja dominada pelas forças dos fluxos estuarinos e nem pelo vento e não desvie a direção da embarcação sobre o perfil e nem interfira nas medidas de velocidade.

A sonda ADCP é instalada no costado da embarcação a uma profundidade de 0,40 m. Depois de ligado, foi definido um sistema de captura de dados a cada 10 segundos os quais são transmitidos a um laptop onde são armazenados os dados em forma de perfis (Figura 3).

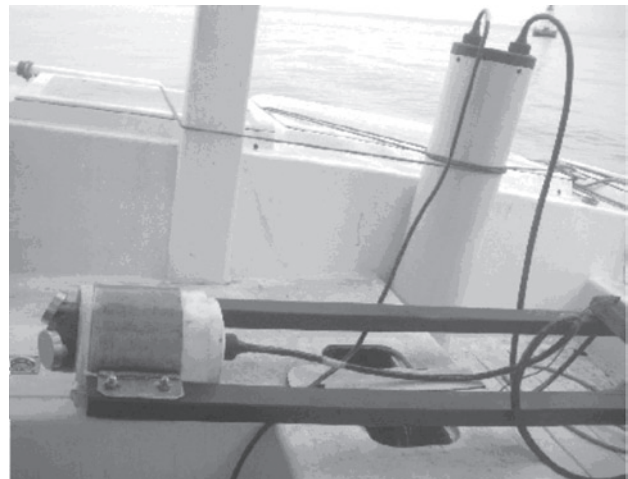


Figura 3 - Transdutor da ADCP instalado em estrutura com aço desmagnetizado e madeira (na horizontal) e processador eletrônico com bateria .

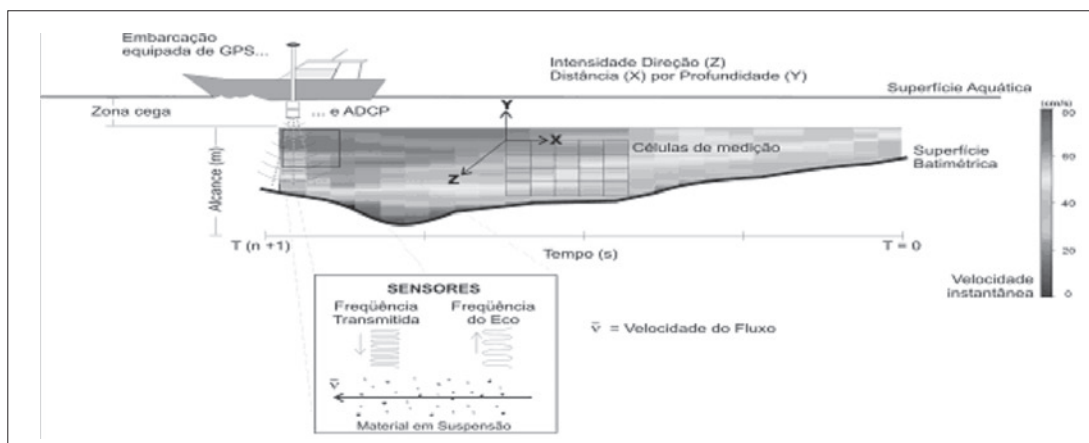


Figura 2 - Ilustração do funcionamento do perfilador de correntes ADCP, que calcula as intensidades e direções por célula de medição, ao longo de um perfil. Os cálculos são feitos baseados no efeito Doppler, causado pela movimentação do material em suspensão, o qual ecoa uma frequência transmitida. O ponto de referência estático utilizado é a superfície batimétrica.

## Medições correntométricas

As condições meteorológicas estimadas apresentaram condições favoráveis ao levantamento com ventos brandos e pouca nebulosidade, evitando uma má condição à navegação. Visando ao melhor entendimento da hidrodinâmica da região em estudo, foram definidos quatro perfis realizados a bordo do B. Pq. Prof. Martins Filho, navegando a uma velocidade média de 2,5 nós, o que atendeu as condições necessárias para a realização do trabalho (Tabela I; Figura 4).

Tabela I - Momento inicial para as medições dos perfis com o ADCP.

Instante	Horário	Maré
1	10:12 h	Enchente
2	11:07 h	Estofa
3	12:04 h	Vazante
4	13:10 h	Vazante

Fonte: DHN

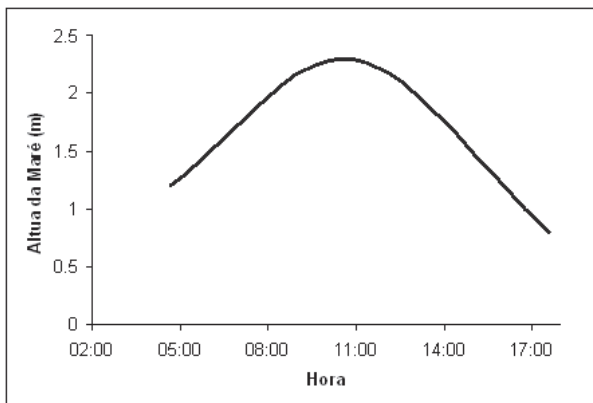


Figura 4 - Curva de maré do dia 11/04/2007, segundo a tábua de marés da DHN para o Porto do Mucuripe - Fortaleza.

O regime de marés do dia 11/04/2007 era de quadratura, com amplitude de 1,1 m pela manhã e 1,5 m à tarde, nas seguintes condições: baixa-mar às 04:41 h com altura de até 1,2 m, preamar de 2,3 m às 10:51 h e baixa-mar às 17:36 h com 0,8 m.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as atividades de campo, observou-se que a velocidade média de fluxo foi de 0,16 m/s para todos os perfis realizados. Ao longo do primeiro perfil foi possível observar que a intensidade de correntes obteve velocidade máxima e mínima de fluxo de 0,38 m/s e 0,01 m/s respectivamente na superfície da coluna d'água; para as porções mais próximas ao substrato o valor máximo foi de 0,17 m/s e o mínimo de 0,01 m/s.

O segundo perfil apresentou uma menor intensidade de fluxo na porção superficial da coluna d'água quando comparado ao perfil 1, obtendo velocidades máximas e mínimas de superfície de 0,28 m/s e 0,03 m/s, respectivamente.

O terceiro perfil obteve os maiores picos de velocidade para as regiões mais profundas, sendo este de 0,23 m/s, enquanto a intensidade máxima de fluxo na superfície foi de 0,35 m/s. Os valores mínimos coletados na superfície d'água também foram os que obtiveram maior intensidade entre os perfis, sendo de 0,05 m/s, enquanto que para as regiões mais profundas os menores resultados coletados foram de 0,01 m/s.

O quarto perfil obteve valores máximos de superfície e fundo de 0,29 m/s e 0,15 m/s respectivamente e mínimos de 0,08 m/s na superfície e 0,01 m/s próximo ao substrato oceânico.

Em todos os perfis foi possível observar que nos pontos de maior profundidade a velocidade da corrente foi sensivelmente maior, havendo um pequeno decréscimo de intensidade de fluxo na medida em que o perfil se deslocava para o continente, este fato é decorrente do crescente atrito da coluna d'água com o substrato à medida que se aproxima da linha de costa.

As Figuras 5 a 8 mostram a variação dos valores de velocidade e direção de correntes ao longo da coluna d'água para cada célula medida pela sonda. Vale ressaltar que a porção preta existente nessas figuras denota a variação da profundidade no trajeto.



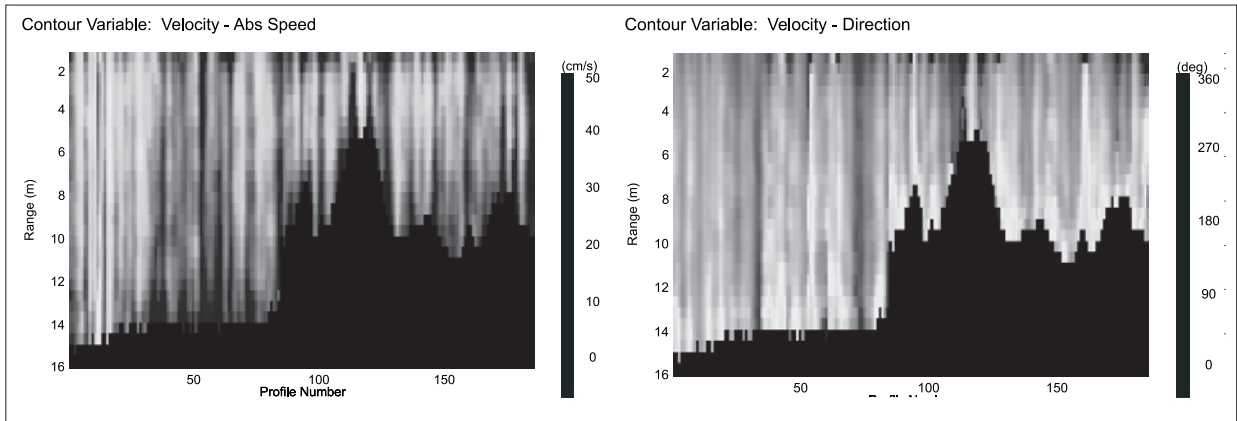


Figura 5 - Perfil de velocidade em cm/s (à esquerda) e de direção de corrente (à direita) para o Perfil 1.

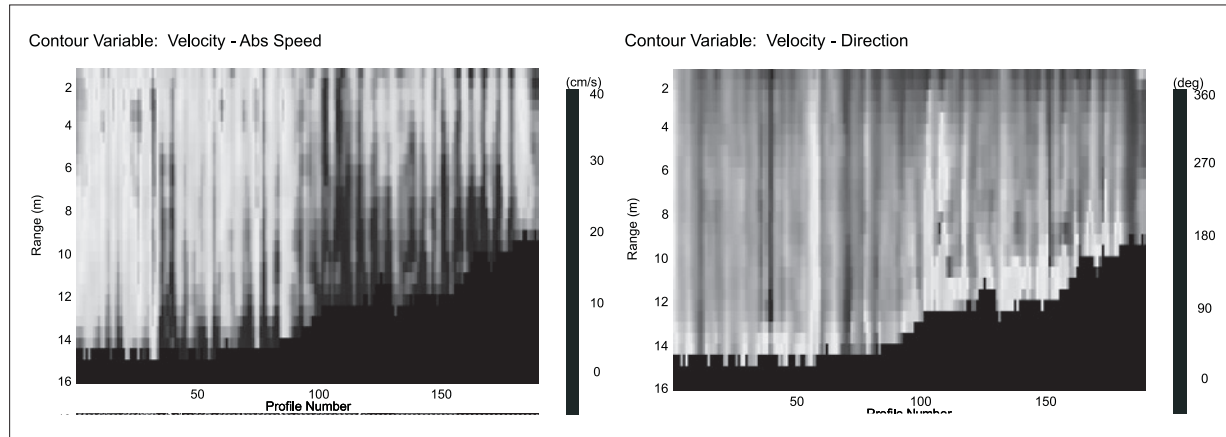


Figura 6 - Perfil de velocidade em cm/s (à esquerda) e de direção de corrente (à direita) para o Perfil 2.

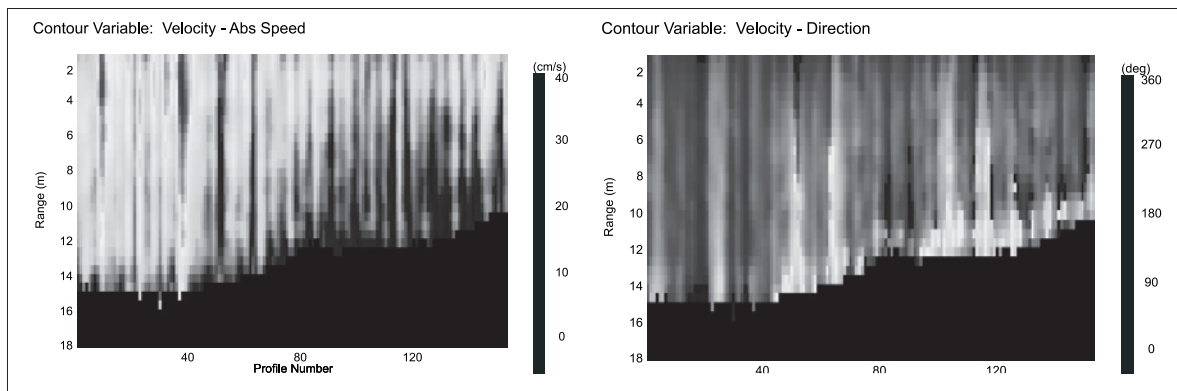


Figura 7 - Perfil de velocidade em cm/s (à esquerda) e de direção de corrente (à direita) para o Perfil 3.

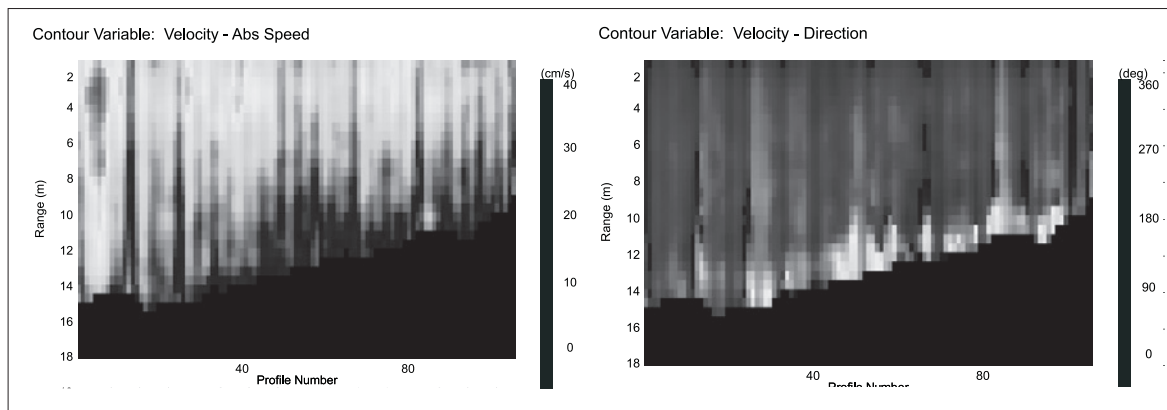


Figura 8 - Perfil de velocidade em cm/s (à esquerda) e de direção de corrente (à direita) para o Perfil 4.

Os resultados obtidos para direção de fluxo apresentaram caráter bastante homogêneo em todos os perfis realizados, apresentando preponderância entre  $270^{\circ}$  a  $330^{\circ}$ .

As Figuras 9 a 12 mostram as rosas das correntes para a região no entorno do emissário submarino; enquanto que a Tabela II apresenta um resumo dos principais valores encontrados em campo.

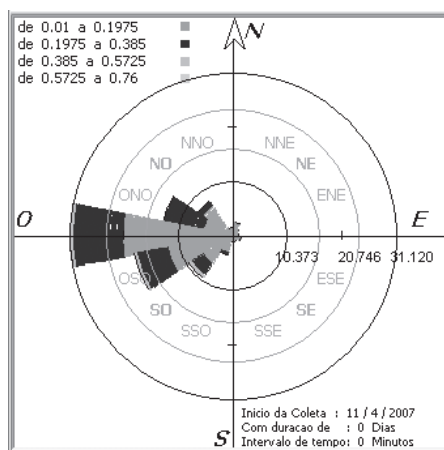


Figura 9 - Rosa das correntes para P1.

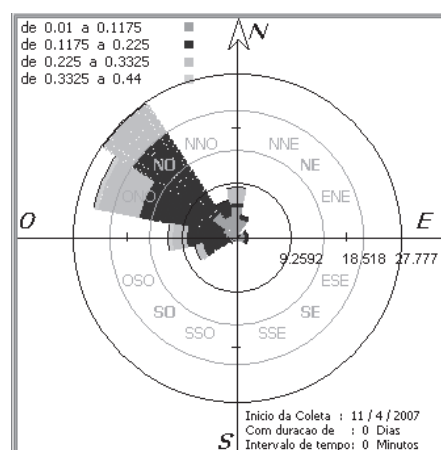


Figura 11 - Rosa das correntes para P3.

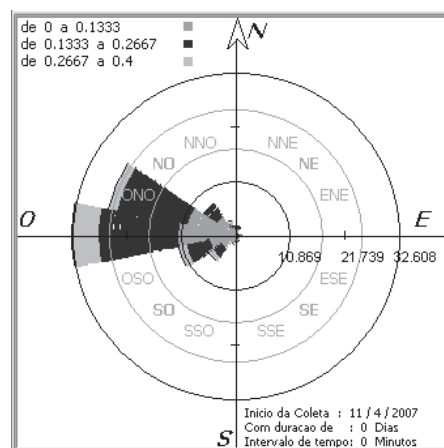


Figura 10 - Rosa das correntes para P2.

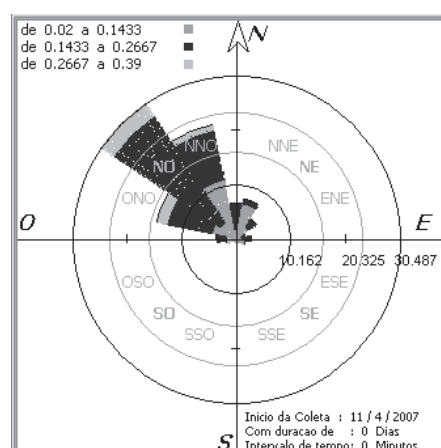


Figura 12 - Rosa das correntes para P4.

Tabela II – Resultados de velocidade e direção média do fluxo obtida para os perfis realizados na área do Sistema de Disposição Oceânica dos Esgotos Sanitários de Fortaleza, Ceará.

Perfil	Velocidade máxima na superfície (m/s)	Velocidade mínima na superfície (m/s)	Velocidade máxima no fundo (m/s)	Velocidade mínima no fundo (m/s)	Velocidade média no perfil (m/s)	Direção média do fluxo (°)
1	0,38	0,01	0,17	0,01	0,16	269
2	0,28	0,03	0,20	0,02	0,16	268
3	0,35	0,05	0,23	0,01	0,16	329
4	0,29	0,08	0,15	0,01	0,16	335

As direções e intensidades de corrente, em todos os perfis, apresentaram expressivas modificações na camada d'água, a 40 cm do substrato e da superfície, evidenciando o efeito do atrito com o fundo e as interferências do vento.

**Agradecimentos** - Os autores agradecem a CAGECE, pela liberação dos dados utilizados neste artigo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. *Tábuas de Maré* ([www.dhn.mar.mil.br](http://www.dhn.mar.mil.br)), 2006.
- SONTEK/YSI. *ADP Manual*, v. 710, 2005.