

8.2. Meio Físico

Este item tem como objetivo caracterizar os principais fatores ambientais que compõem o ambiente físico da área a ser potencialmente afetada pelas atividades previstas para a costa de Ilha de Comandatuba, abrangendo os aspectos meteoceanográficos, geológicos, geomorfológicos e da qualidade da água da região.

8.2.1. Meteoceanografia

A região Nordeste do Brasil apresenta alta variabilidade climática (Climanálise, 1996)¹. A principal estação chuvosa (incluindo o norte e leste da região), responsável por 60% da chuva anual, ocorre de abril a julho e a estação seca ocorre de setembro a dezembro, para a maior parte da região (Rao *et al.*, 1993)². Esta variabilidade pluviométrica interanual está associada às variações nos padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, os quais afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico, modulando assim os índices pluviométricos da região Nordeste (Hastenrath, 1984³; Moura & Shukla, 1981⁴).

As **FIGURAS 8.2.1-1** e **8.2.1-2** apresentam o comportamento sazonal da circulação atmosférica obtida através da média de 12 anos (1990 - 2001) de Reanálise do modelo de circulação geral do NCEP. Nessa análise foram utilizados dados de vento na altura de 10 m. Observa-se a mudança de posicionamento sazonal dos sistemas dominantes sobre a região Nordeste do Brasil (Alta Subtropical do Atlântico Sul – ASAS e da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT), que se posicionam mais ao sul nos meses de verão. A circulação atmosférica na região

¹ CLIMANÁLISE, 1996. Boletim de Monitoramento e Análise Climática. Edição comemorativa de 10 anos. Outubro.

² RAO, V.B.; LIMA, M. & FRANCHITO, S.H., 1993. Seasonal and Interannual Variations of Rainfall over Eastern Northeast Brazil. Journal Of Climate, 6, 1754-1763p.

³ HASTENRATH, S., 1984. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. Mon. Wea. Rev., 112, 1097-1107p.

⁴ MOURA, A. D., and J. SHUKLA, 1981: On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. J. Atmos. Sci., 38.

Nordeste é influenciada por quatro sistemas de circulação, denominados Sistemas de Correntes Perturbadas de Sul, Norte, Leste e Oeste. O sistema proveniente do sul, representado pelas frentes polares que alcançam a região na primavera/verão, das áreas litorâneas até o sul da Bahia, traz chuvas frontais e pós-frontais. No inverno, esses sistemas frontais chegam até o litoral de Pernambuco, enquanto o sertão permanece sob a ação da alta tropical. O Sistema de Correntes Perturbadas de Norte é representado pelo deslocamento sazonal da ZCIT (mais ao sul no verão), como pode ser visto na **FIGURA 8.2.1-1**, provocando chuvas do verão ao outono. Por outro lado, as perturbações de leste, que são provocadas pela convergência dos Alísios com a brisa marítima, são mais freqüentes no inverno e, normalmente, provocam chuvas abundantes no litoral, raramente alcançando as escarpas do Planalto da Borborema (800 m) e da Chapada Diamantina (1.200 m). Por fim, o sistema de correntes de oeste, trazidas pelas linhas de Instabilidade Tropical (IT), ocorrem desde o final da primavera até o início do outono, raramente alcançando os estados do Piauí e Maranhão.

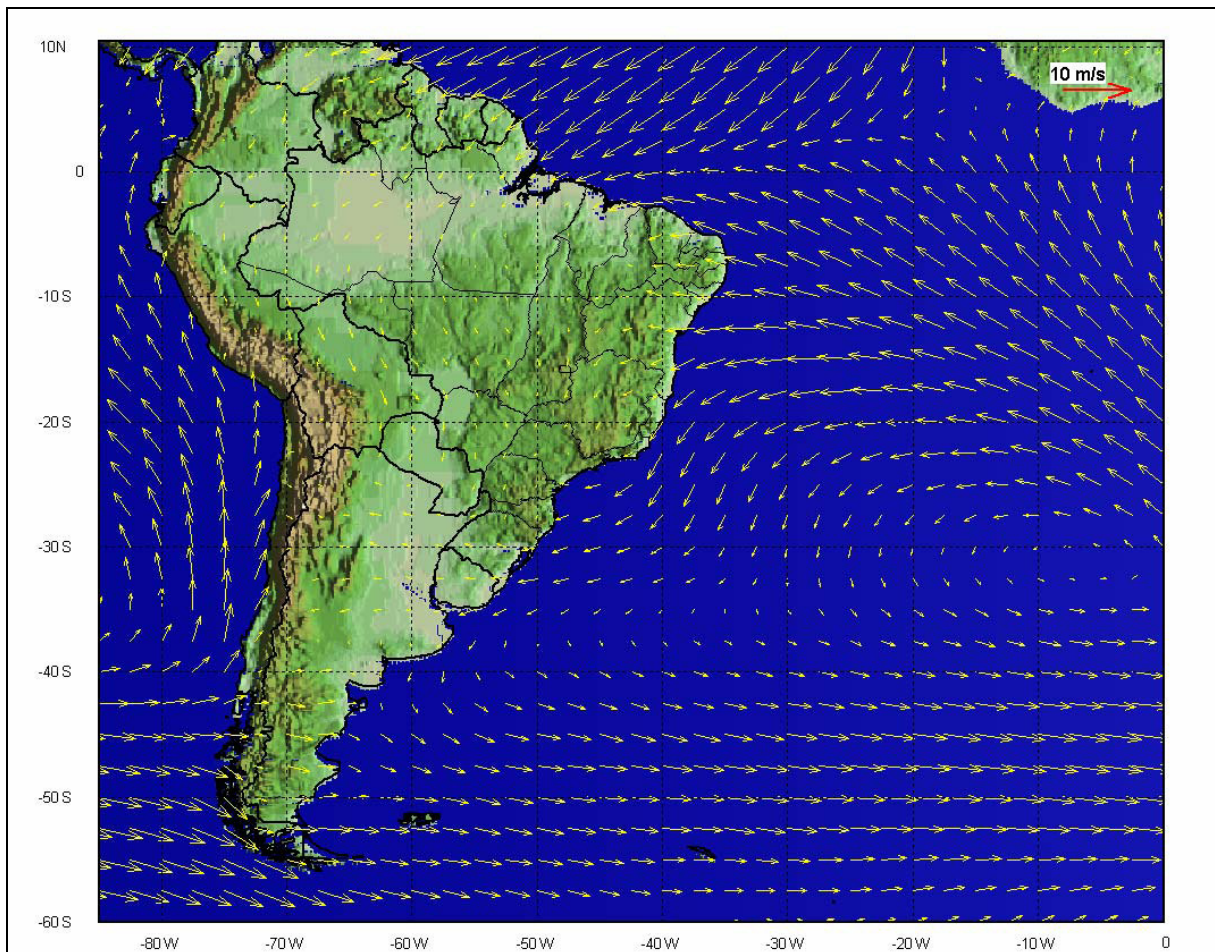


FIGURA 8.2.1-1- Médias de 12 anos (1990 – 2001) do vento NCEP no período de verão (Janeiro a Março).

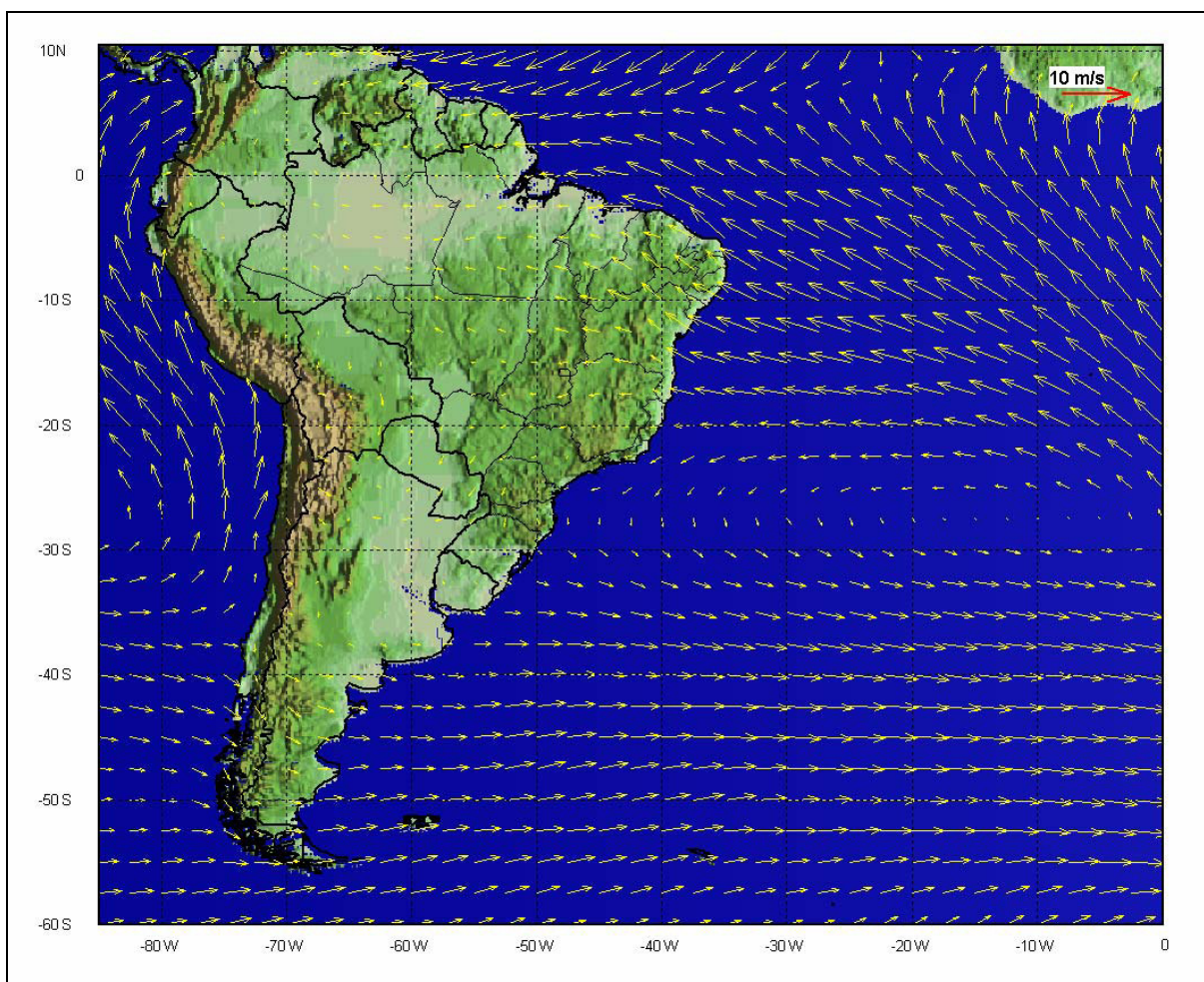


FIGURA 8.2.1-2 – Médias de 12 anos (1990 – 2001) do vento NCEP no período de inverno (Junho a Agosto).

A seguir é apresentada a descrição das condições meteorológicas vigentes na região do Hotel Transamérica Ilha de Comandatuba – Bahia, atendendo às exigências do Termo de Referência emitido pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em novembro de 2007.

Os dados utilizados na caracterização meteorológica da região de interesse foram obtidos na Estação Meteorológica do Aeroporto do Hotel Transamérica Ilha de Comandatuba para o período de 2006 a 2008.

8.2.1.1. Temperatura do ar

Nas **FIGURAS 8.2.1-3, 8.2.1-4 e 8.2.1-5** são apresentados os valores de temperatura mínima, máxima e mediana respectivamente para os meses no período de 2006 a 2008. A partir dos dados obtidos é possível nota que a temperatura atmosférica é maior nos meses de janeiro a março, girando em torno de 27 a 31 °C. No período de junho a setembro há uma queda nos valores para patamares em torno de 21 a 28 °C. Conforme será apresentado no capítulo de avaliação de qualidade das águas, há uma relação direta entre o padrão supracitado e os valores de temperatura da água observados, sobre os quais se percebe uma clara discrepância entre a primeira (fevereiro-08) e a segunda (agosto-08) campanhas.

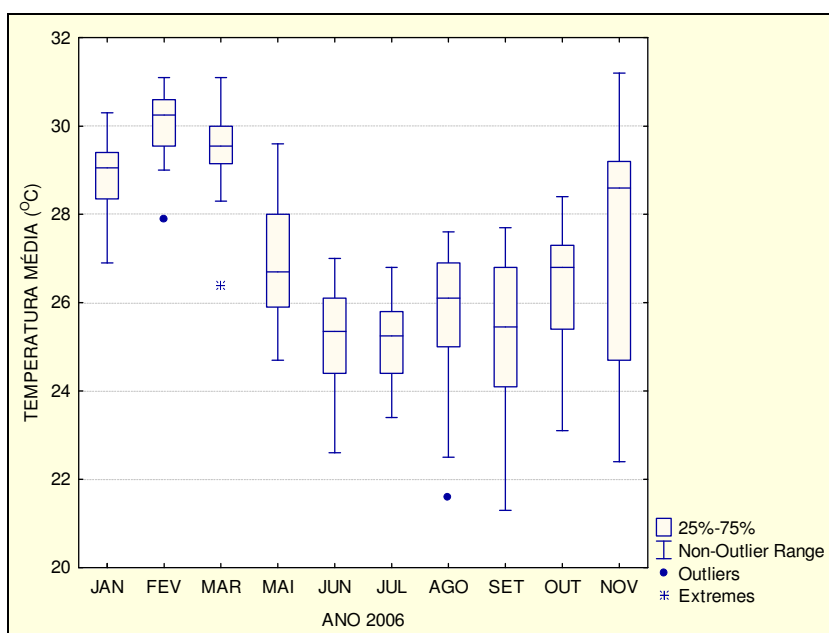


FIGURA 8.2.1-3 - Gráfico das temperaturas máxima, mínima e mediana, em 2006.

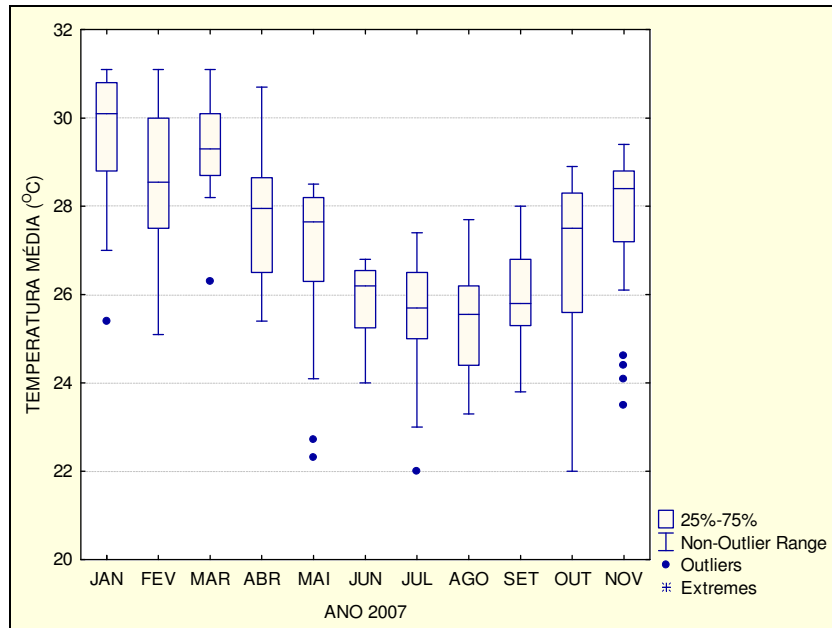


FIGURA 8.2.1-4 – Gráfico das temperaturas máxima, mínima e mediana, em 2007.

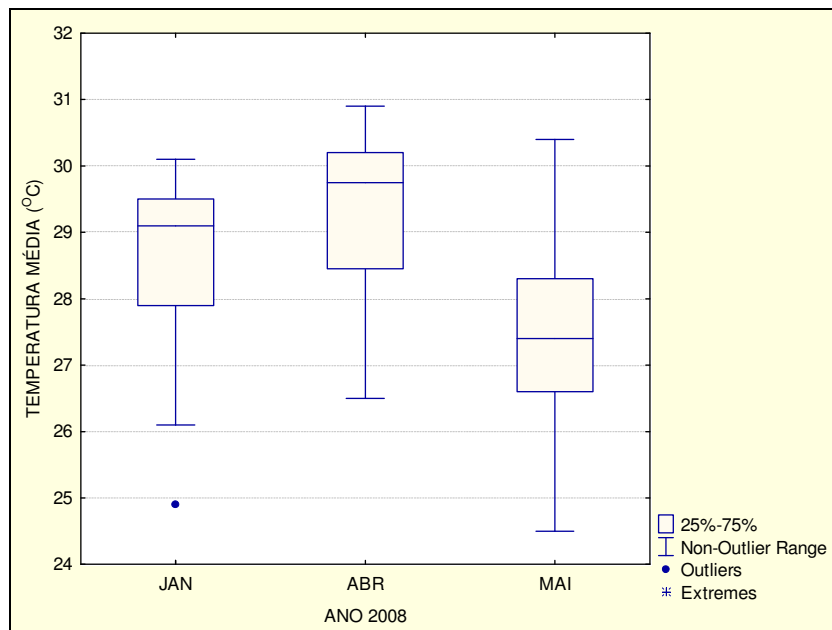


FIGURA 8.2.1-5 – Gráfico das temperaturas máxima, mínima e mediana, em 2008.

Os dados medianos de temperatura para os anos de 2006, 2007 e 2008, são sempre superiores a 24°C. Os meses que apresentam as maiores temperaturas medianas são os de janeiro, fevereiro e março, correspondendo ao período do verão (em torno de 31°C). As menores temperaturas são observadas nos meses de junho a agosto (em torno de 23°C), enquanto as temperaturas mais elevadas acontecem no período janeiro-abril (em torno de 29°C). Observa-se uma maior variação de temperatura no mês de novembro de 2006, quando comparado ao mesmo período em 2007.

8.2.1.2. Umidade relativa do ar

Os valores médios mensais, por ano, de umidade relativa do ar são apresentados nas **FIGURAS 8.2.1-6, 8.2.1-7 e 8.2.1-8**.

Entre os anos de 2006 e 2008, os dados medianos mensais de umidade relativa do ar variaram de 68 a 80%. Em 2006, os maiores valores de umidade foram observados nos meses de setembro a novembro e os menores valores, entre os meses de maio a julho. Já no ano de 2007, os maiores valores foram observados nos meses de abril a julho e os menores em agosto e setembro. Entre os meses observados em 2008, janeiro se destacou, quando comparado com o mesmo período nos anos anteriores, apresentando valor de umidade relativa média acima de 90%. Os meses de janeiro de 2008 e novembro de 2006 e 2007 apresentaram os maiores valores de umidade relativa média, em torno de 94%.

No geral, os elevados percentuais de umidade relativa do ar ao longo do ano condizem com a característica litorânea do ambiente avaliado.

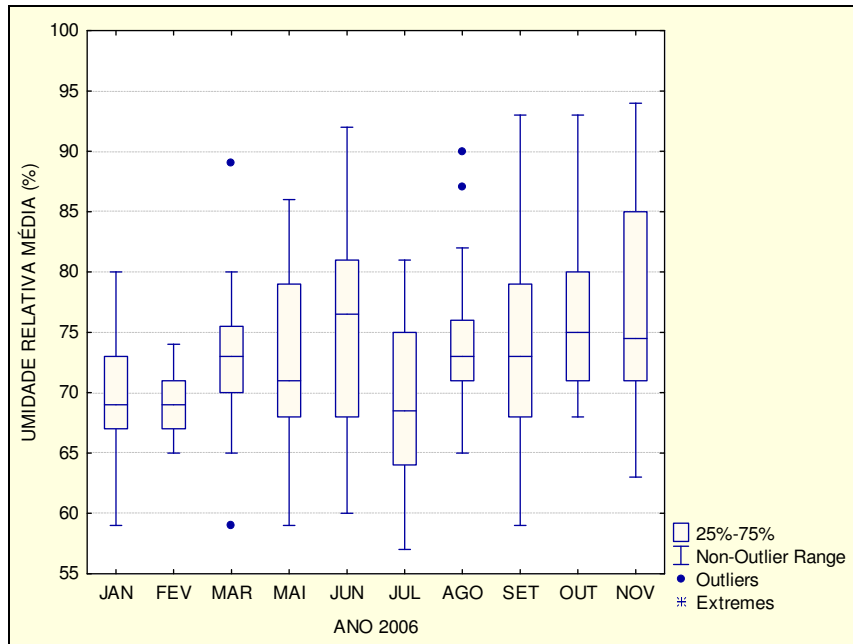


FIGURA 8.2.1- 6 – Dados da umidade relativa média do ar (%), em 2006.

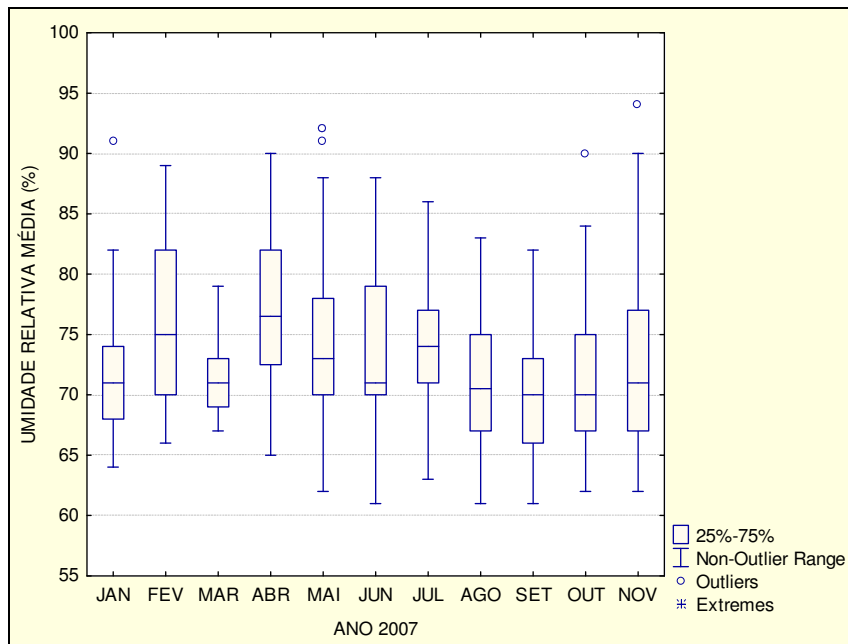


FIGURA 8.2.1- 7 – Dados da umidade relativa média do ar (%), em 2007.

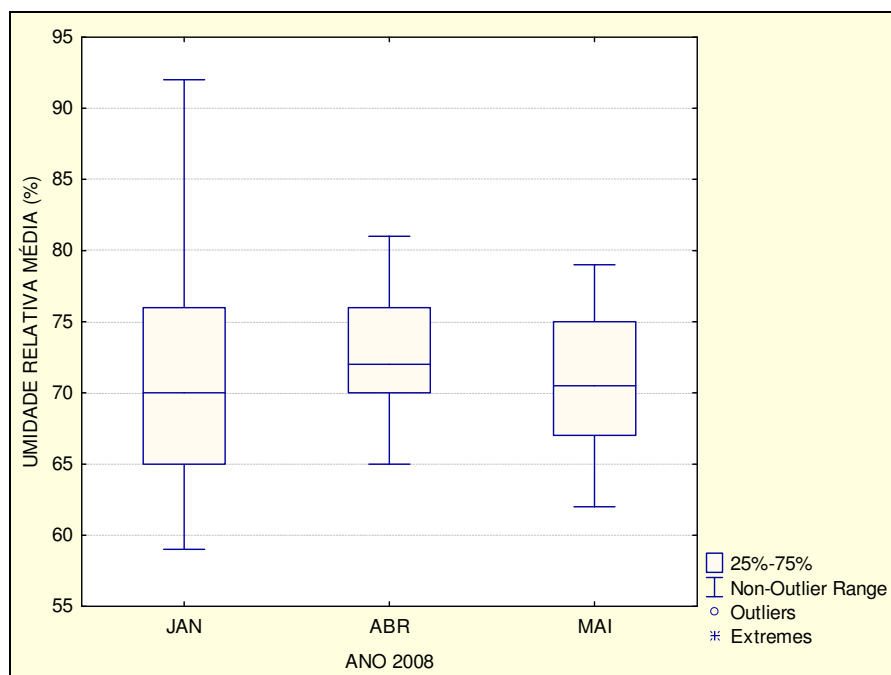


FIGURA 8.2.1- 8 – Dados da umidade relativa média do ar (%), em 2008.

8.2.1.3 Insolação Média

A Estação Meteorológica do Aeroporto do Hotel Transamérica Ilha de Comandatuba, sob administração da Aeronáutica, não realiza medições de insolação média. Segundo informação do IDHEA (2006)⁵ *apud* MAGNO (2008)⁶ o Brasil é um dos países com mais horas de luz/dia (fotoperíodo) do mundo, sendo que no nordeste chega-se a 17-18 horas de luz. O índice de insolação fornecido pelo setor de Climatologia da CEPEC – Centro de Pesquisas do Cacau – e pela CEPLAC - Comissão Executiva do Plano Lavoura Cacaueira – foi de 6,7h/dia na cidade de Ilhéus/BA entre 2001 e 2005.

⁵ IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. *Materiais ecológicos e tecnologias sustentáveis para arquitetura e construção civil: conceito e teoria*. Apostila n. 2 do curso Materiais Ecológicos e Tecnologias Sustentáveis. São Paulo, 2006.

⁶ MAGNO, M.F.B., *Habitação social e arquitetura sustentável em Ilhéus/BA* Mônica Fittipaldi Binda Magno. – Ilhéus, BA: UESC, PRODEMA, 2008. xix, 136 f. :

8.2.1.4 Precipitação

Segundo Andrade (1972)⁷, devido à situação geográfica da região, o litoral sul da Bahia encontra-se sob o regime de chuvas de verão e de seca de inverno. Entretanto, a estação seca de outono-inverno é amenizada pelas precipitações frontais ligadas às advecções de ar polar que, nesta época do ano, atingem frequentemente a região.

O clima da região de estudo é considerado como tropical úmido, sem estação seca pronunciada. A região caracteriza-se por altos índices pluviométricos com distribuição de chuvas durante todo o ano.

Segundo dados de Ilhéus, município localizado imediatamente ao norte de Una, a pluviosidade apresenta um gradiente decrescente, do litoral para o interior e do norte para o sul, com totais anuais superiores a 1.000 mm, chegando a alcançar 2.700 mm em alguns locais próximo ao litoral. O regime pluviométrico é regular, com chuvas abundantes, distribuídas durante o ano (CEPLAC/CEPEC/CLIMATOLOGIA, *apud*, FARIA FILHO & ARAÚJO, 2003⁸).

A **Figura 8.2.1-9** apresenta a comparação entre os dados da precipitação total mensal (mm) dos anos de 2005 a março de 2008.

⁷ ANDRADE G. O. de. 1972. *Os climas*. In: Brasil, a Terra e o Homem, A. Azevedo. (ed.), Companhia Editora Nacional, São Paulo.

⁸ FARIA FILHO, A. F.; ARAÚJO, Q. R. de. Zoneamento do meio físico do município de Ilhéus, Bahia, Brasil, utilizando a técnica do geoprocessamento. Ilhéus, BA: CEPLAC, 2003.

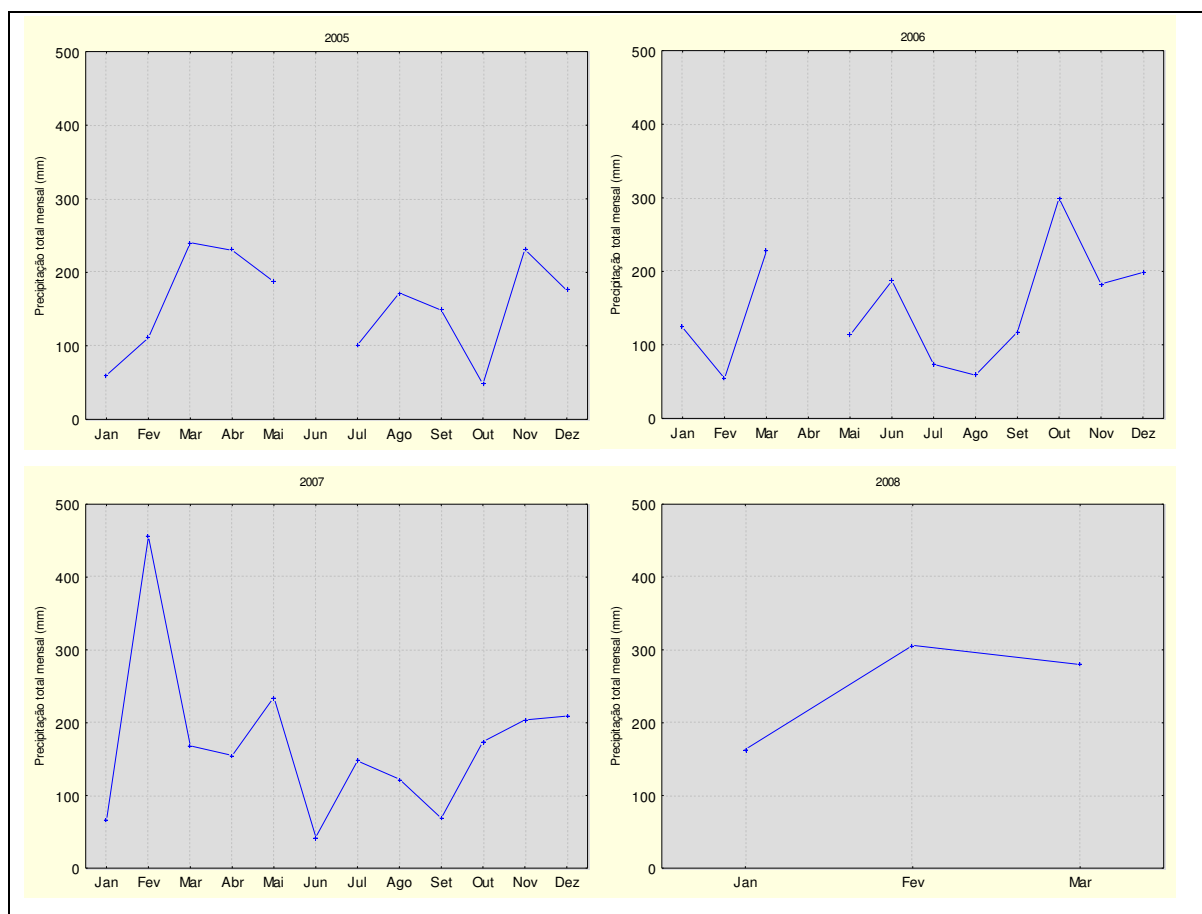


FIGURA 8.2.1-9 – Comparação entre os dados da precipitação total mensal (mm) nos anos de 2005 a março de 2008.

Segundo Relatório Climatológico e Estatístico Mensal, fornecidos a partir de dados da Estação Meteorológica do Aeroporto do Hotel Transamérica, Ilha de Comandatuba, foi possível avaliar os dados de precipitação para região em estudo durante os anos de 2005 a março de 2008, não havendo dados apenas para os meses de junho de 2005 e abril de 2006.

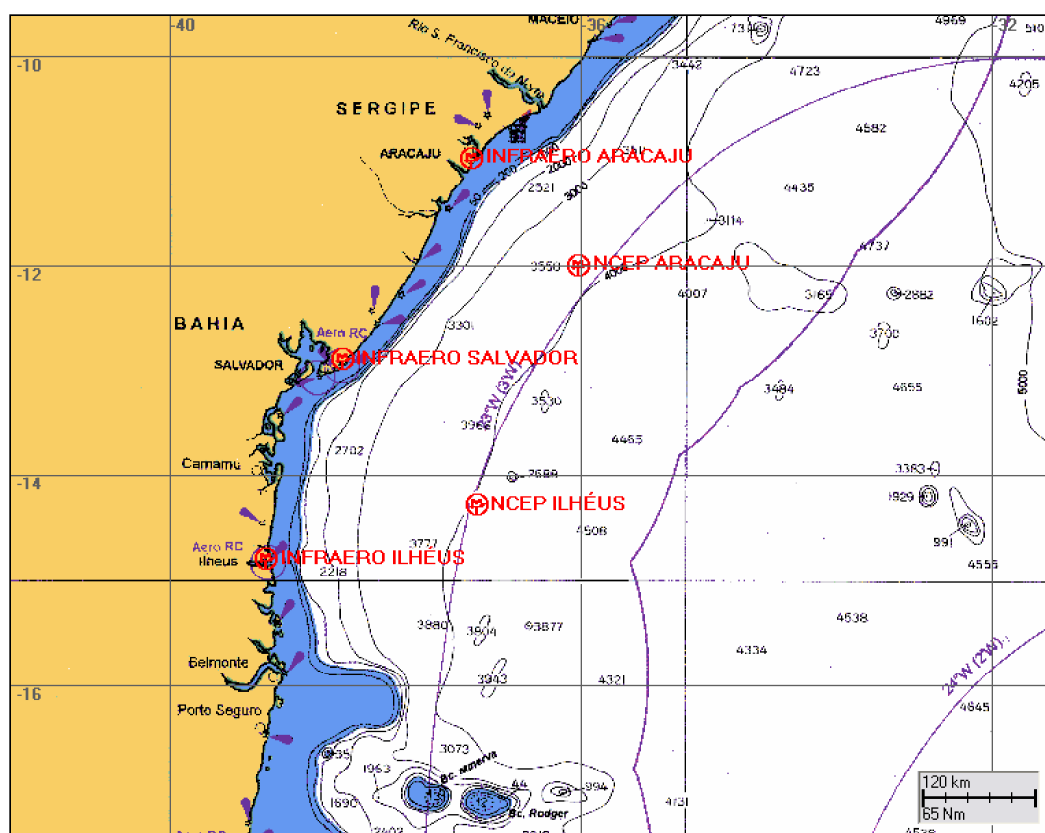
A partir dos dados disponíveis, os maiores valores de precipitação em 2005 foram observados nos meses de março, abril e novembro e os menores valores em janeiro e outubro. No ano de 2006, os maiores valores corresponderam aos meses de março e outubro, e os menores em fevereiro e agosto. Já, em 2007, fevereiro, maio, novembro e dezembro apresentaram os maiores valores, enquanto as menores precipitações ocorreram em janeiro, junho e setembro. Para o primeiro

bimestre de 2008, os meses de maiores destaque foram fevereiro e março. Não foram fornecidos dados referentes ao segundo semestre de 2008.

Ao cruzar estes dados com os já apresentados de temperatura média, pode-se constatar que não existem meses secos para o período na área de estudo, confirmando os dados pluviométricos para o município de Ilhéus.

8.2.1.5. Ventos

Os dados de ventos apresentados, a seguir, foram obtidos junto à INFRAERO, como também provenientes de Reanálise do NCEP. A **FIGURA 8.2.1-10** indica a localização dos dados INFRAERO e dois pontos dos resultados do NCEP, no litoral da Bahia e Sergipe.

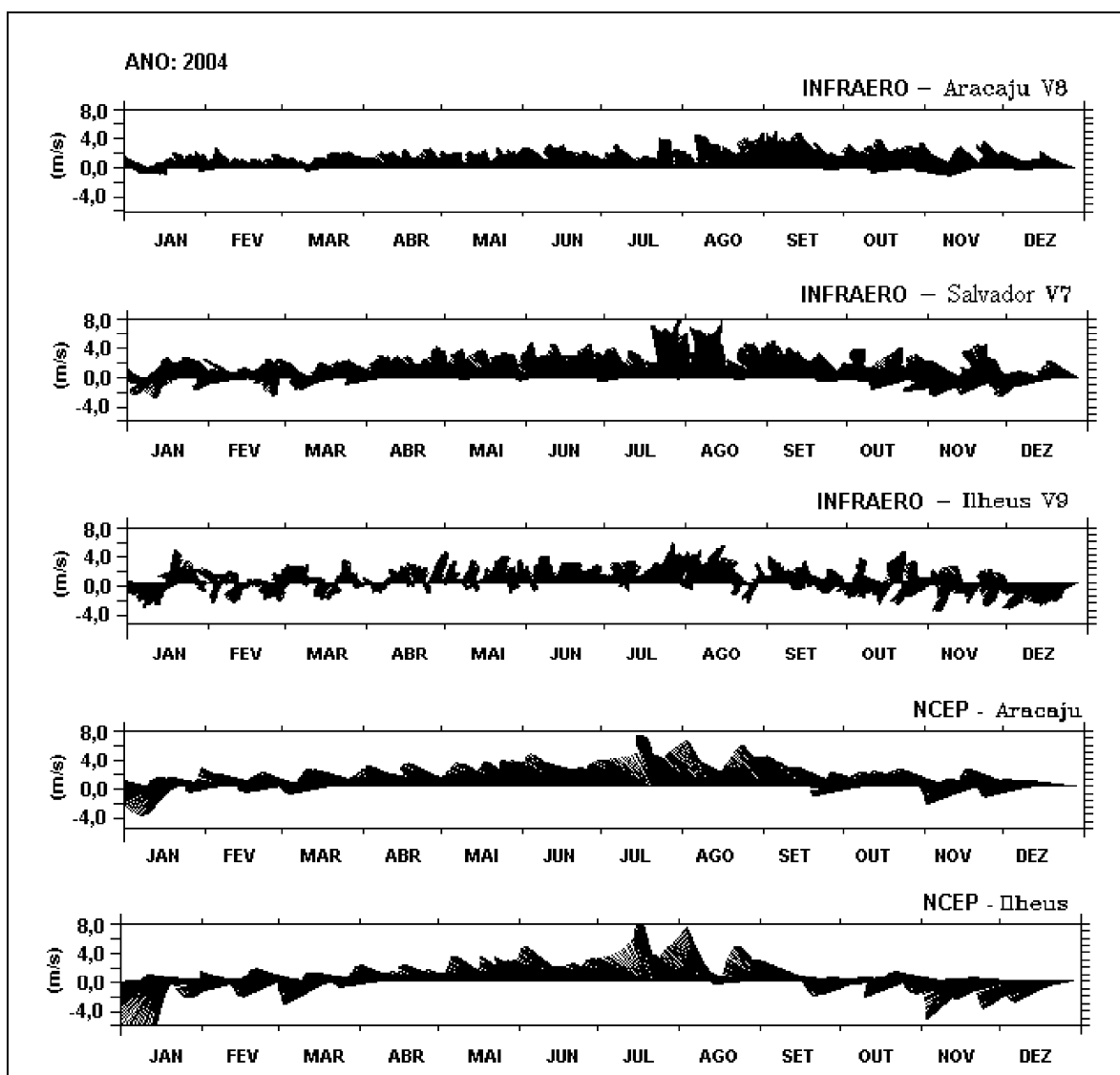


FONTE: (NCEP)

FIGURA 8.2.1- 10 – Dados de Ventos para litoral da Bahia e Sergipe.

Os dados obtidos junto à INFRAERO foram medidos nos aeroportos de Ilhéus (BA - 14,80°S; 39,02°W), Salvador (BA - 12,90°S; 38,33°W) e Aracaju (SE - 10,98°S; 37,07°W), e são relativos ao período de 01 de dezembro de 2002 a 31 de dezembro de 2004 (intervalos de amostragem de 1 hora).

Os resultados do NCEP (base mundial de Reanálise para campos espaço-temporais de vento), indicados na **FIGURA 8.2.1-11**, foram extraídos nas coordenadas 11,99°S/36,02°W e 14,3°S/37,5°W, para o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2004. Nesta figura, são apresentados os diagramas tipo *stick plot* dos dados de vento em Aracaju, Salvador e Ilhéus, característicos de regiões costeiras (INFRAERO) e oceano aberto (NCEP), para o ano de 2004.

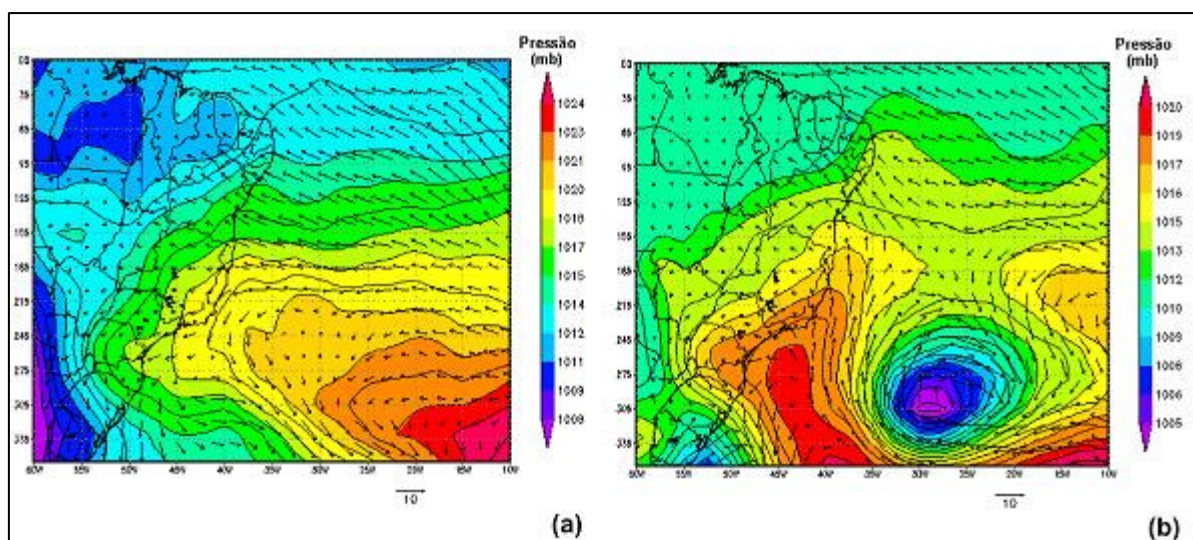


FONTE: INFRAERO e NCEP.

FIGURA 8.2.1-11 – Diagrama *Stick Plot* dos dados do vento para o litoral sul da Bahia e Sergipe, durante o ano de 2004.

Observa-se que, durante os meses de inverno, os Alísios têm um padrão predominante de sudeste, pois a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT se posiciona mais ao norte do Equador. Os sistemas frontais, mais freqüentes nesta época, contribuem periodicamente com mais energia que os Alísios, com ventos de sul-sudoeste durante sua passagem.

Perturbações do padrão típico da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), como ilustrado na **FIGURA 8.2.1-12**, diretamente relacionadas a deslocamentos de sistemas frontais, influenciam fortemente a região, através da intensificação (no inverno) do padrão sudeste (jatos) do vento.



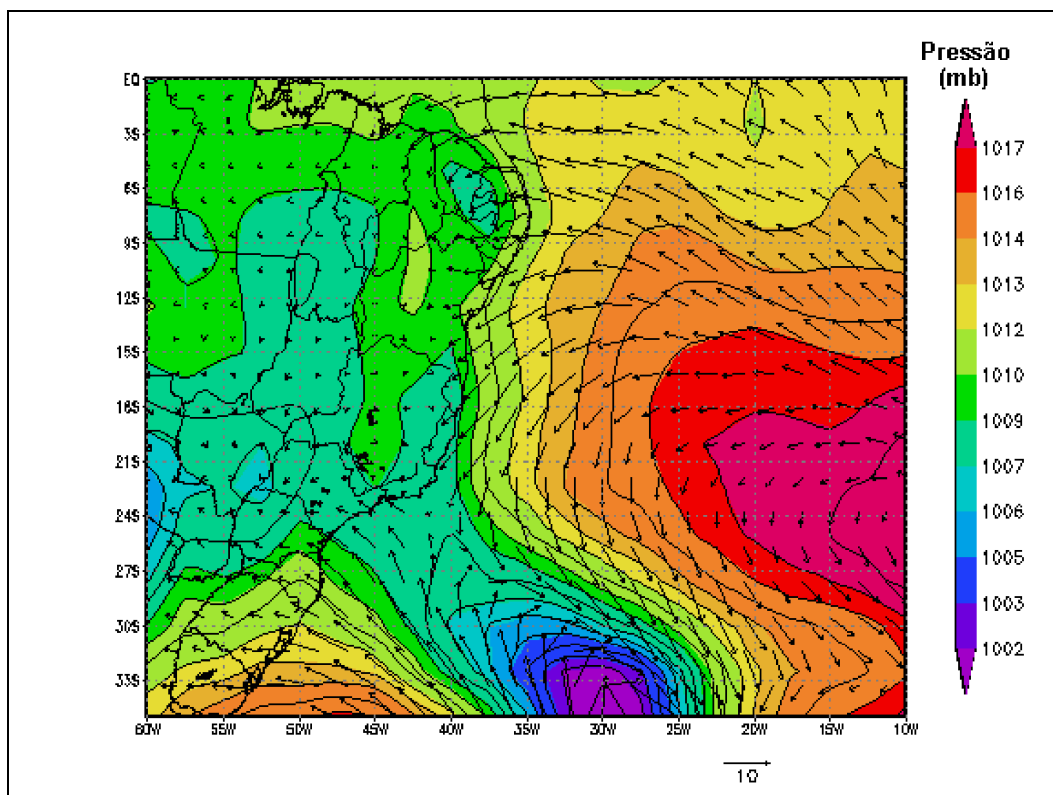
FONTE: NCEP.

FIGURA 8.2.1-12 - Campo de vento e pressão atmosférica obtidos de Reanálise do NCEP para os dias: (a) 1º de junho de 2003 e (b) 15 de junho de 2003, às 18GMT.

A **FIGURA 8.2.1-12** ilustra situações típicas de inverno através dos campos de vento a 10 metros e pressão atmosférica reduzida ao nível médio do mar, obtidas da Reanálise do NCEP, para os dias 01 e 15 de junho de 2003, às 18GMT. Os campos mostram uma situação de predomínio dos Alísios (a) e uma situação onde o regime de ventos é dominado pela passagem de sistemas frontais (b). Os efeitos orográficos da topografia local são também detectáveis, amplificando a componente meridional do campo de vento.

Durante os meses de verão, a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT se posiciona mais ao sul do Equador, permitindo que os Alísios tenham um padrão predominante de Leste-Nordeste no litoral da Bahia. Também se observa a incidência de ventos de SE, possivelmente associados à passagem de sistemas frontais.

A **FIGURA 8.2.1-13** ilustra a situação típica de verão, no dia 2 de janeiro de 2003, às 18GMT, onde a ASAS e os Alísios de leste-nordeste são predominantes.



FONTE: NCEP

FIGURA 8.2.1-13 – Campos de vento e pressão atmosférica obtidos de Reanálise do NCEP para o dia 2 de janeiro de 2003, às 18GMT.

Em meso e pequena escala, a circulação gerada pelo vento sobre a região de plataforma está fortemente influenciada pelos efeitos da brisa marinha e pela intensificação da componente meridional do vento. Este fato é explicado pelo efeito da barreira orográfica, mudando localmente o padrão do vento imposto pela larga escala através dos Alísios de sudeste (no inverno) e de leste e nordeste (no verão).

A partir de dados obtidos na Estação Meteorológica do Aeroporto do Hotel Transamérica Ilha de Comandantuba, considerando a velocidade média dos ventos para o período de 2006, pode-se verificar na **FIGURA 8.2.1-14 d** que os ventos sopram predominantemente de SE e LE, durante quase todo o ano, apresentando ventos com velocidade média atingindo mais de 30 m.s^{-1} , nos meses de janeiro a março (**FIGURA 8.2.1-14 a**). Durante os meses de setembro a novembro, os ventos começam a soprar com mais freqüências de NE e S (**FIGURA 8.2.1-14 c**). As velocidades médias são inferiores 10 m.s^{-1} .

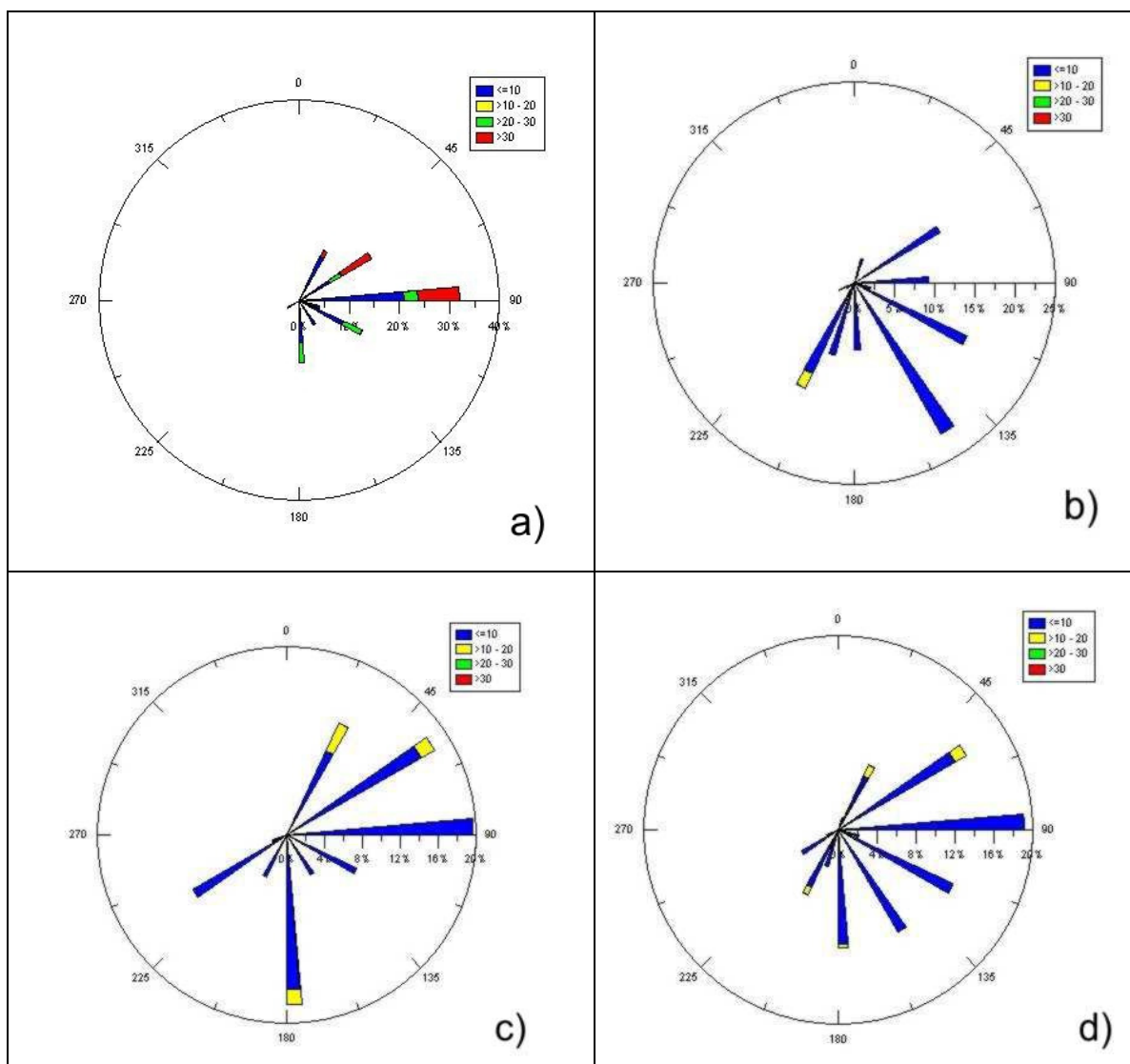


FIGURA 8.2.1-14 – Rosa dos ventos para o ano de 2006. a) Meses de Janeiro a Março; b) Meses de Maio a Agosto; c) Meses de Setembro a Novembro; d) Todos os meses de 2006.

A mesma tendência foi observada no ano de 2007 (**FIGURA 8.2.1-15**), com os ventos soprando predominantemente de SE, durante quase todo o ano, a exceção dos meses de maio a agosto, quando começam a soprar com mais freqüências os ventos de SO (**FIGURA 8.2.1-15 b**). As velocidades médias são inferiores 10 m.s^{-1} . A **FIGURA 8.2.1-15 c** mostra a ocorrência de ventos de NE com velocidades médias acima de 30 m.s^{-1} . Estes valores, entretanto, são muito baixos, e resultam

muito provavelmente do posicionamento da estação meteorológica, a qual se encontra em condição parcialmente protegida.

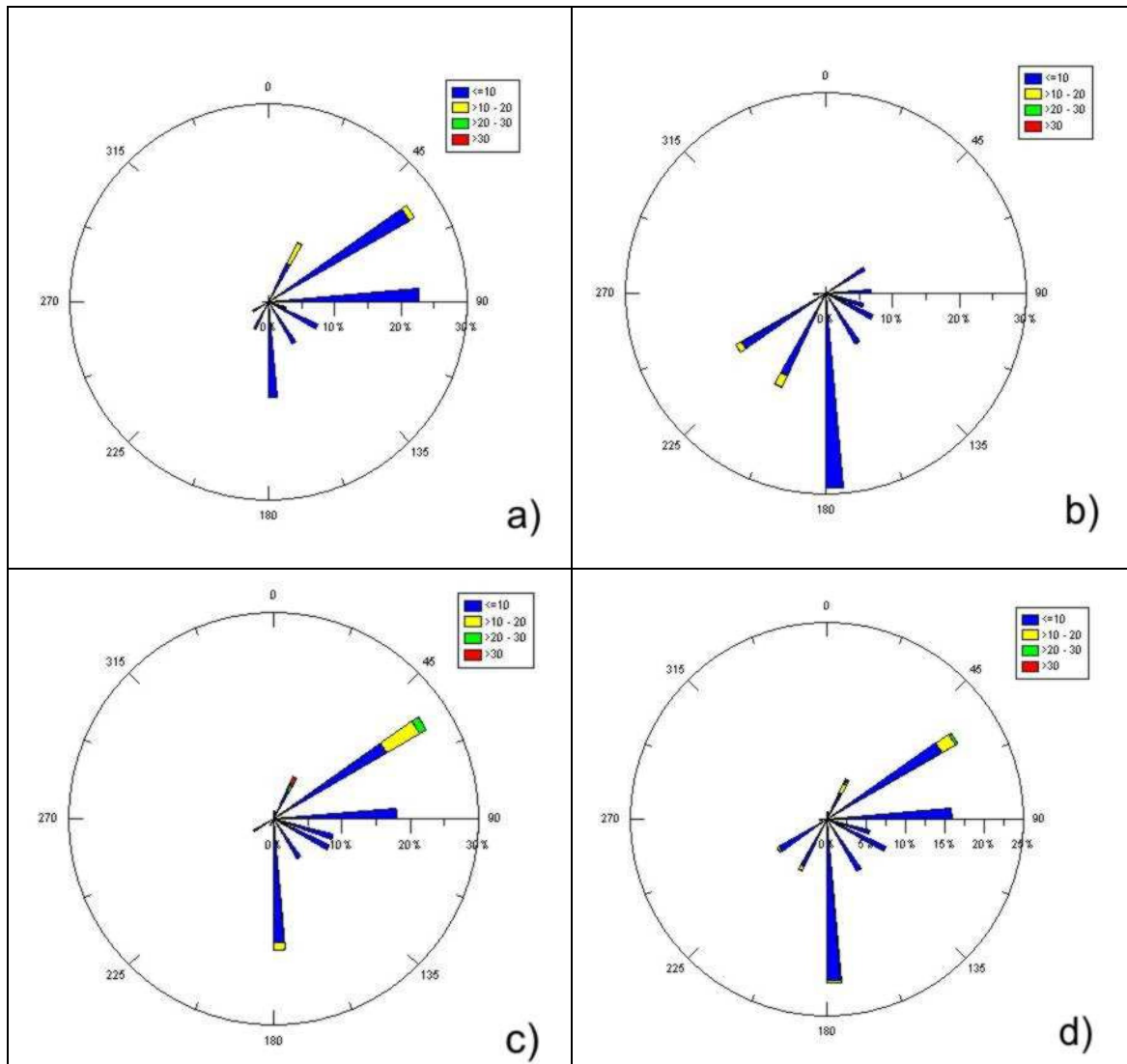


FIGURA 8.2.1-15 – Rosa dos ventos para o ano de 2007. a) Meses de Janeiro a Abril; b) Meses de Maio a Agosto; c) Meses de Setembro a Novembro; d) Todos os meses de 2007.

8.2.1.5. Medição de Correntes

8.2.1.5.1. Canal de Comandatuba

No entorno da ilha, os canais de ligação da drenagem continental e o mar formam um complexo sistema estuarino. Na **FIGURA 8.2.1-16** foram destacadas as regiões de desembocadura dos canais Sul e Norte, bem como as principais drenagens continentais. Os rios que drenam diretamente aos canais têm uma área aproximada de 250 km². As seções de monitoramento das correntes e da hidrografia dos canais Sul e Norte são apresentadas nas **FIGURAS 8.2.1-17 e 8.2.1-18**.

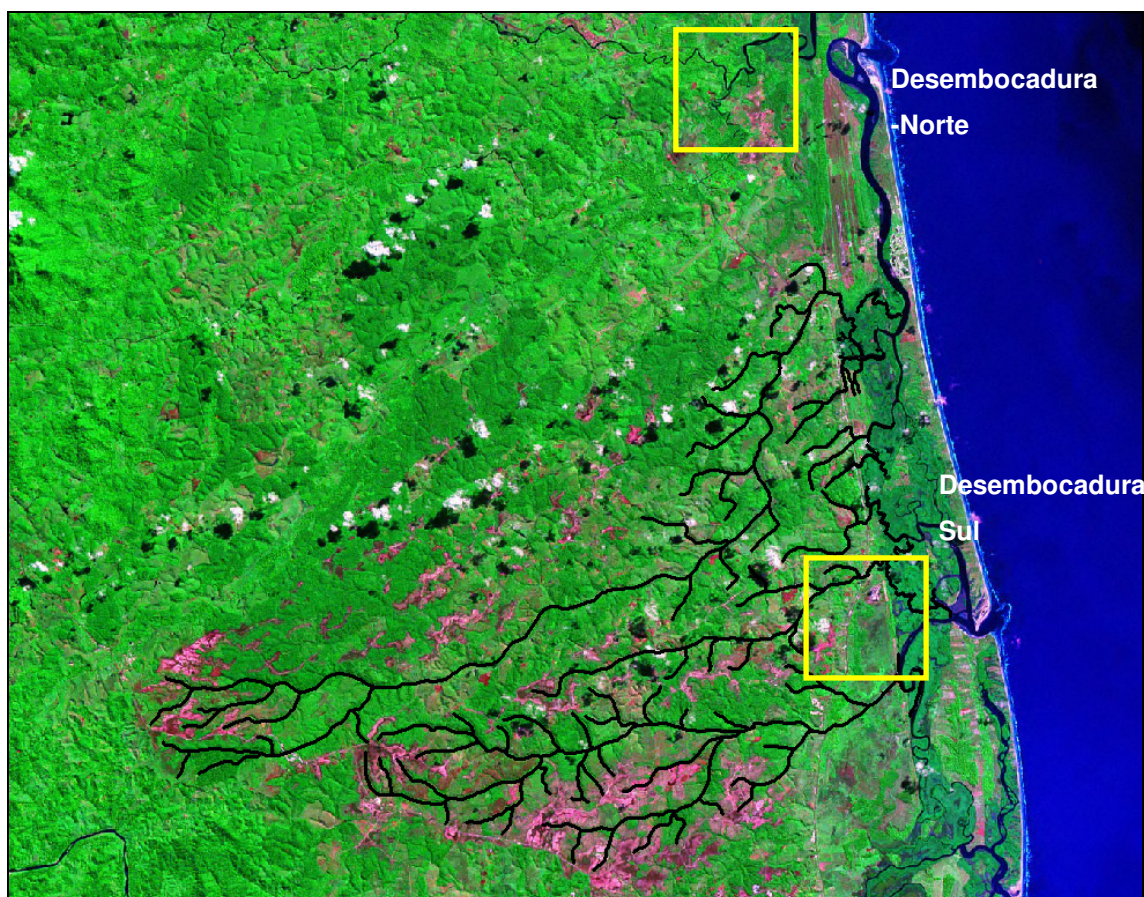


FIGURA 8.2.1-16 – Localização dos canais da Ilha de Comandatuba. Destaque para as desembocaduras do Norte e Sul e para a drenagem continental (em linhas pretas) que contribui diretamente aos canais.



FIGURA 8.2.1-17 – Seção de medição - desembocadura Canal Sul - Escala 1:24.000.



FIGURA 8.2.1-18 – Seção de medição - desembocadura Canal Norte - Escala 1:24.000.

8.2.1.5.2. Metodologia

O monitoramento das correntes foi realizado nas seções transversais definidas nas **FIGURAS 8.2.1-17** e **8.2.1-18**. A representação gráfica dos resultados experimentais foi feita em relação ao eixo ortogonal (Oyz). Adotou-se a margem esquerda (ME - sentido oceano) como a margem de referência, e valores positivos (negativos) para os valores da velocidade durante a maré vazante (enchente). O componente da velocidade normal à seção transversal (velocidade longitudinal) foi denotado de “u” e velocidade média em uma vertical foi representada por \bar{u} . A velocidade média em toda a seção transversal foi denominada por U , enquanto a velocidade média na maré enchente/vazante ficou representada por \bar{U} . Considerou-se que as estofas correspondem a $U = 0$. A velocidade no fundo foi considerada nula, assumindo o princípio de aderência (atrito máximo). As médias temporais de velocidade, bem como de salinidade e temperatura foram determinadas para cada décimo da profundidade adimensional (Z), conforme metodologia apresentada em Miranda *et al.* (2002)⁹.

Um ADCP da RD Instruments, modelo Rio Grande, 600 kHz, foi utilizado para o monitoramento das correntes nas seções transversais. Os principais parâmetros de configuração são apresentados na **TABELA 8.2.1-1**. Foi necessário alternar a configuração na maré de sizígia em função da maior variação de velocidade e das baixas profundidades: 1) WM8 e WM1, para correntes maiores que 0,5 m/s e 1 m/s, respectivamente; 2) TE = 0 – maior número de estimativas da velocidade ao longo da seção, somente durante alguns momentos próximos da baixa-mar, devido a pequenas profundidades.

⁹ MIRANDA, L.B., CASTRO, B.M. E KJERFVE, B. 2002. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. Editora da Universidade de São Paulo. Acadêmica 42. 411 p.

TABELA 8.2.1-1 - Parâmetros de configuração do ADCP Rio Grande 600 kHz – Canal de Comandatuba.

| Maré | WM | WS [m] | WF [m] | TP [s] | TE[s] | WP |
|------------|-------|--------|--------|------------|-------|----|
| Quadratura | 5 | 0,50 | 0,25 | 0,2 (5 Hz) | 3 | 20 |
| Sizígia | 8 (1) | 0,50 | 0,25 | 0,2 (5 Hz) | 3 (0) | 20 |

Os perfis transversais foram realizados em intervalo de meia hora durante um ciclo completo de maré determinado pela recorrência da vazão registrada no início do monitoramento.

Devido a grande quantidade de informações fornecidas pelo ADCP, a operacionalização do processamento das correntes foi realizada através de uma atualização da rotina *adcp_processing* desenvolvida por Genz *et al.* (2005)¹⁰, que trabalha em ambiente de programação do *Matlab* (MathWorks Co.). Essa rotina prescreve a definição, ainda em campo, de uma seção transversal bem delimitada (e.g. bóias de sinalização), de modo que não ocorra variação na largura da seção de medição durante o ciclo de maré. Durante o monitoramento, a trajetória do barco entre as bóias deve ser a mais direta possível de maneira que a seção transversal medida não sofra grandes alterações.

Outro aspecto importante da rotina foi realizar a interpolação de campos de correntes para intervalos de tempo iguais entre o início e o fim do ciclo de maré, segundo a proposta de Miranda *et al.* (2002). Após a interpolação espacial das velocidades nas mesmas posições $u(i,j)$ de todas as seções medidas, as profundidades (i) de cada coluna da matriz (j) são passadas para Z adimensional. A seguir, os campos de correntes são interpolados para intervalos de tempo iguais, permitindo a integração temporal e a definição da velocidade residual pela equação (Miranda *op cit*):

¹⁰ GENZ, F., CIRANO, M., LESSA, G.C. 2005. Processamento de dados de correntes adquiridos com ADCP para caracterização de estuários. Congresso Brasileiro de Oceanografia. Vitória/ES.

$$\langle u_{i,j} \rangle = \frac{1}{n} \left[\frac{u_i(Z_j, t_0)}{2} + \sum_k u_i(Z_j, t_k) + \frac{u_i(Z_j, t_n)}{2} \right] \quad \text{Equação 1}$$

onde: i = número da vertical; Z_j = posição na vertical (0,1,2,...,10); $k = 1,2,\dots,n-1$; $n = T/\Delta t$ – número de intervalos de tempo; $t_n - t_0 = T$; T = período de maré; Δt = intervalo de tempo de interpolação. T é determinado pela rotina, por interpolação das vazões obtidas, definindo a hora em que a vazão no final do ciclo se iguala a vazão do t_1 . Adotou-se $n = 25$ para evitar subestimação dos campos próximos aos picos de enchente e vazante.

A vazão (Q) foi determinada por:

$$Q_k = \sum_k u_{i,j} \cdot a_{i,j} \quad \text{Equação 2}$$

onde: $a_{i,j}$ = área da célula de velocidade $u_{i,j}$. A rotina não extrapola as correntes e, conseqüentemente, a vazão na região não medida entre as bóias de sinalização (início e fim do perfil com ADCP). Utilizou-se o percentual da vazão extrapolada pelo aplicativo da RD Instruments (WinRiver) em relação a sua vazão total.

O valor da velocidade média na vertical (\bar{u}), bem como das demais propriedades (salinidade e temperatura), foi calculado por (Miranda *et al.*, 2002):

$$\bar{p}(t) = \frac{1}{10} \left[\frac{P_{Z0,t}}{2} + \sum_j P_{Zj,t} + \frac{P_{Z1,t}}{2} \right] \quad \text{Equação 3}$$

onde: \bar{p} = valor médio propriedade na coluna d'água; P = valor da propriedade na posição Z_j , no tempo t .

Uma sonda do tipo CTD – que mede profundidade, temperatura e salinidade – foi utilizada para o monitoramento hidrográfico. A taxa de amostragem foi feita a uma frequência de 4 Hz, com velocidade de descida de aproximadamente 0,20 m/s.

A Escala Prática de Salinidade EPS-1978, conforme descrito em Miranda *et al.* (2002), foi adotada na descrição dos resultados, sendo que o padrão é indicar o valor da salinidade sem apresentar unidade.

Os parâmetros de entrada para a rotina (ângulo do rio, número de verticais, altura de célula vertical e posição do CTD) são apresentados no **ANEXO 8.2-1**.

As informações dos perfis verticais de velocidade extraídos pelo *adcp_processing* na posição correspondente à sondagem com CTD foram processadas em conjunto com os dados de salinidade, permitindo a classificação do estuário segundo o diagrama de estratificação-circulação de Hansen e Rattray (1966)¹¹.

8.2.1.5.3. Resultados

CAMPANHA DE VERÃO

Maré

A maré na região da Ilha de Comandatuba tem frequência semi-diurna e foi avaliada através da previsão de maré para Ilhéus, com base nas constantes harmônicas do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil.

A maré prevista para Ilhéus no ano de 2008 tem altura média de 2,11 m em sizígia e 0,58 m em quadratura. Para o período de monitoramento, em maré de quadratura, nos dias 29 e 30 de março, a altura prevista foi de 0,5 m; em maré de

¹¹ HANSEN, D. V., RATTRAY, JR, M. 1966. New dimensions in estuarine classification. *Limnology and Oceanography*, 18, 849-862.

sizígia, nos dias 6 e 7 de abril, a altura prevista foi de 2,3 m e 2,2 m, respectivamente. Comparando em relação aos valores médios do ano de 2008, as alturas do período de monitoramento são mais críticas (sizígia maior e quadratura menor), devido à proximidade com o equinócio de outono, ocorrido em 20 de março.

Correntes – Canal Sul

Quadratura

Na desembocadura do canal Sul (**FIGURA 8.2.1-17**), as medições em maré de quadratura ocorreram no dia 29 de Março de 2008, das 7 às 20,67 horas. O tempo de duração do ciclo foi de 12,6 horas, estimada em função da equivalência de vazões de início e próximo ao final do monitoramento. A estofa da preamar ocorreu às 8,62 horas, enquanto que a estofa da baixa-mar foi às 15,18 horas. Ao comparar com a condição da maré (**FIGURA 8.2.1-19**), houve uma defasagem entre os horários de estofa e as ocorrências da preamar e baixa-mar em cerca de uma hora (lembrando que a maré se refere à previsão para Ilhéus).

O período de maré vazante apresentou uma duração de 6,56 horas; a velocidade média de vazante foi de 0,1 m/s; a velocidade média máxima foi de 0,21 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de 0,26 m/s; a vazão máxima foi de 196 m³/s, ocorrida às 10,7 horas. O período de maré enchente apresentou uma duração de 6,04 horas; a velocidade média de enchente foi de -0,1 m/s; a velocidade média máxima foi de -0,17 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de -0,22 m/s; a vazão máxima foi de -144 m³/s, ocorrida às 17,6 horas (**FIGURA 8.2.1-20**). A velocidade residual foi de 0,007 m/s, com valores positivos na camada superior da coluna d'água e valores negativos na camada inferior, característica típica de circulação gravitacional (**FIGURA 8.2.1-20 b**).

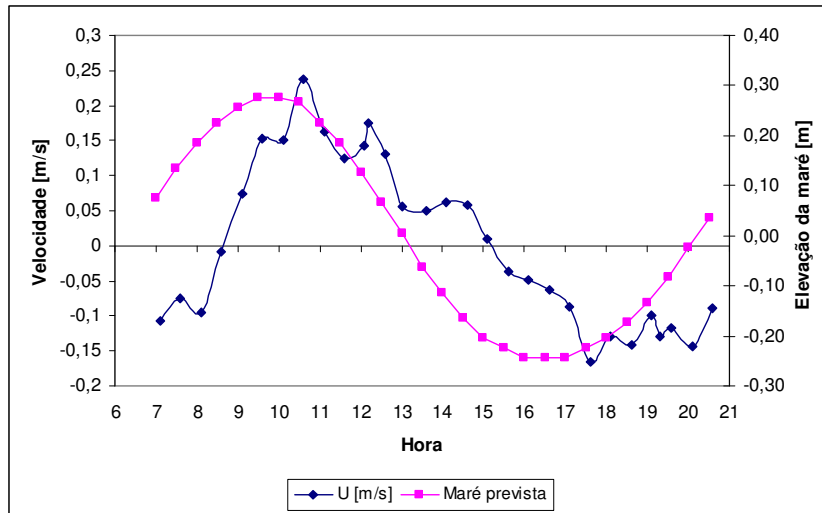


FIGURA 8.2.1-19 – Variação da velocidade média na seção transversal e elevação da maré prevista – Canal Sul - 29/03/2008 – quadratura.

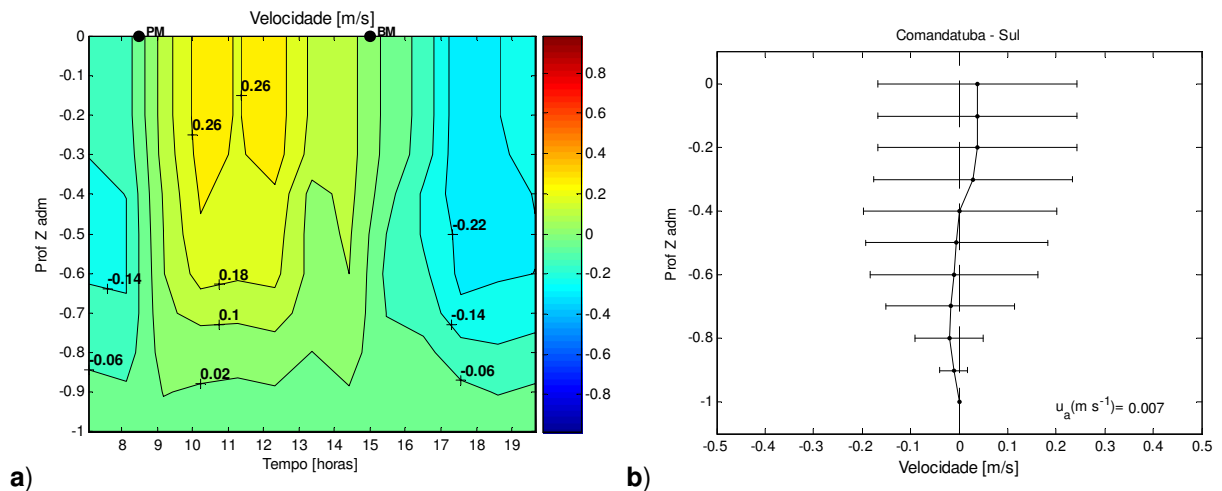


FIGURA 8.2.1-20 – Perfil hidrográfico: (a) variação temporal da velocidade e (b) velocidade residual com desvio padrão (barras horizontais) ao longo da coluna d'água – canal Sul - quadratura.

Os campos de velocidade na seção transversal (**FIGURA 8.2.1-21**) mostraram em ambas as marés de vazante (a) e enchente (b) a ocorrência das maiores velocidades nos primeiros 100 m a partir da margem esquerda.

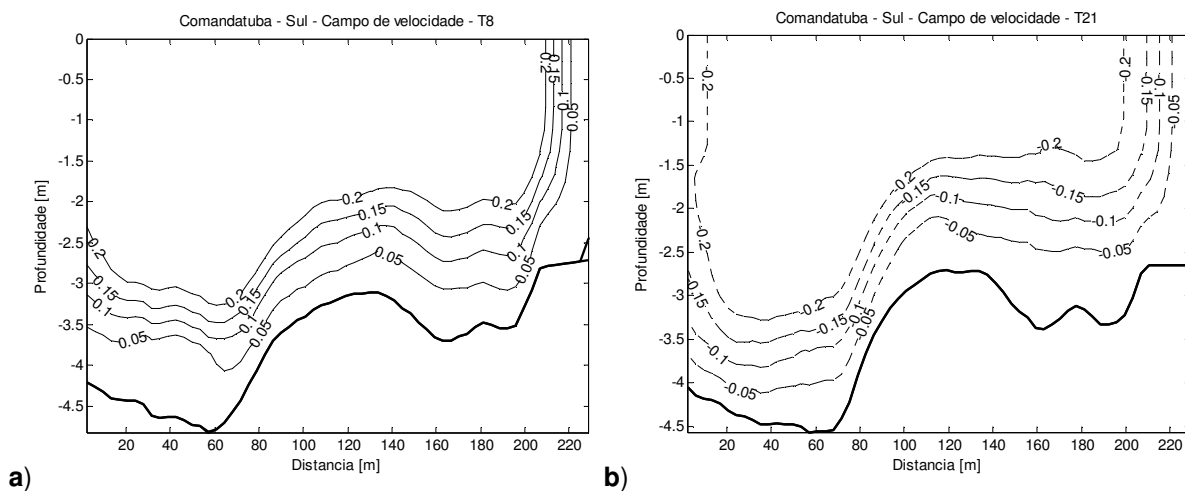


FIGURA 8.2.1-21 – Campo de velocidade: (a) vazante máxima e (b) enchente máxima – canal Sul - quadratura.

A **TABELA 8.2.1-2** apresenta os valores característicos do ciclo da maré de quadratura no canal Sul.

TABELA 8.2.1-2 - Resumo com os valores característicos dos ciclos monitorados no canal Sul.

| | <i>Quadratura</i> | <i>Sizígia</i> |
|--------------------------------------|-------------------|----------------|
| Hora de início da medição | 7,1 | 6,5 |
| Hora do fim da medição | 20,6 | 19,1 |
| Duração do ciclo [horas] | 12,6 | 11,91 |
| Estofa da baixa-mar | 15,18 | 10,74 |
| Estofa da preamar | 8,62 | 17,12 |
| Tempo de vazante (tv) [horas] | 6,56 | 5,53 |
| Vel média na vazante – U [m/s] | 0,1 | 0,59 |
| Vel U máxima [m/s] | 0,21 | 0,85 |
| Vel média na vertical - máxima [m/s] | 0,26 | 1,23 |
| Vazão máxima – Qmax [m³/s] | 196 | 856 |
| Hora da Qmax | 10,7 | 18,4 |
| Tempo de enchente (te) [horas] | 6,04 | 6,38 |
| Vel média na enchente - U [m/s] | -0,1 | -0,53 |
| Vel U máxima [m/s] | -0,17 | -0,93 |
| Vel média na vertical - máxima [m/s] | -0,22 | -1,19 |
| Vazão máxima – Qmax [m³/s] | -144 | -989 |
| Hora da Qmax | 17,6 | 15 |
| te/tv | 0,921 | 1,154 |
| Prisma – P [m³] | 1584922 | 11123498 |
| Prisma - erro [%] | 21,32 | 13,66 |
| Vazão Residual [m³/s] | 11,87 | -53,01 |

Os valores da velocidade média na seção transversal (U), da área de escoamento, da vazão (Q) e da maior média vertical (\bar{u} max) a cada intervalo de 0,5 hora são apresentados na **TABELA 8.2.1-3**. A vazão apresentada considera o valor do percentual médio de extrapolação da vazão até as margens (8,85 %).

TABELA 8.2.1-3 - Velocidade média na seção transversal (U), área de escoamento, vazão (Q) e maior média vertical (\bar{u}_{max}) – canal Sul – sizígia.

| Hora | U (m/s) | Área (m ²) | Q (m ³ /s) | \bar{u}_{max} (m/s) |
|------|---------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 7,1 | -0,106 | 881 | -102 | -0,19 |
| 7,6 | -0,076 | 877 | -73 | -0,14 |
| 8,1 | -0,087 | 894 | -84 | -0,18 |
| 8,6 | 0,004 | 912 | 4 | 0,06 |
| 9,2 | 0,090 | 915 | 90 | 0,12 |
| 9,7 | 0,152 | 893 | 148 | 0,19 |
| 10,2 | 0,176 | 875 | 167 | 0,22 |
| 10,7 | 0,210 | 857 | 196 | 0,26 |
| 11,3 | 0,147 | 842 | 134 | 0,19 |
| 11,8 | 0,132 | 825 | 119 | 0,17 |
| 12,3 | 0,159 | 809 | 140 | 0,22 |
| 12,8 | 0,079 | 786 | 68 | 0,13 |
| 13,4 | 0,052 | 777 | 44 | 0,12 |
| 13,9 | 0,059 | 779 | 50 | 0,14 |
| 14,4 | 0,060 | 769 | 50 | 0,11 |
| 14,9 | 0,024 | 762 | 20 | 0,09 |
| 15,5 | -0,027 | 757 | -22 | -0,09 |
| 16,0 | -0,047 | 754 | -39 | -0,11 |
| 16,5 | -0,061 | 759 | -50 | -0,11 |
| 17,0 | -0,086 | 774 | -72 | -0,20 |
| 17,6 | -0,165 | 800 | -144 | -0,22 |
| 18,1 | -0,129 | 802 | -113 | -0,18 |
| 18,6 | -0,138 | 825 | -124 | -0,22 |
| 19,1 | -0,107 | 824 | -96 | -0,19 |
| 19,7 | -0,122 | 825 | -110 | -0,19 |

Desta maneira, embora de magnitude semelhante, as correntes na vazante foram um pouco superiores às de enchente. Como o tempo de enchente foi menor que de vazante, verificou-se uma assimetria de duração, com fator $t_e/t_v = 0,921$. O volume do prisma da vazão foi estimado em 1,58 milhões de m³, com um erro estimado em

21%. Com uma vazão residual positiva (11,87 m³/s), o estuário caracterizou-se pela exportação de materiais neste ciclo de maré.

Sizígia

Na desembocadura do canal Sul, as medições em maré de sizígia ocorreram no dia 06 de abril de 2008, das 6,5 às 19,17 horas. O tempo de duração do ciclo foi de 11,9 horas. A estofa da baixa-mar ocorreu às 10,7 horas, enquanto a estofa da preamar foi às 17,1 horas. Em comparação com a condição da maré prevista (**FIGURA 8.2.1-22**), houve uma defasagem entre os horários de estofa e as ocorrências da preamar e baixa-mar em cerca de uma hora e meia.

O período de maré enchente apresentou uma duração de 6,38 horas; a velocidade média de enchente foi de -0,54 m/s; a velocidade média máxima foi de -0,93 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de -1,19 m/s; a vazão máxima foi de -989 m³/s, ocorrida às 15 horas. O período de maré vazante apresentou uma duração de 5,5 horas; a velocidade média de vazante foi de 0,59 m/s; a velocidade média máxima foi de 0,85 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de 1,23 m/s; a vazão máxima foi de 856 m³/s, ocorrida às 18,4 horas (**FIGURA 8.2.1-23 a**). A velocidade residual foi de 0,086 m/s, na posição do perfil hidrográfico, com valores positivos em toda a coluna d'água (**FIGURA 8.2.1-23 b**).

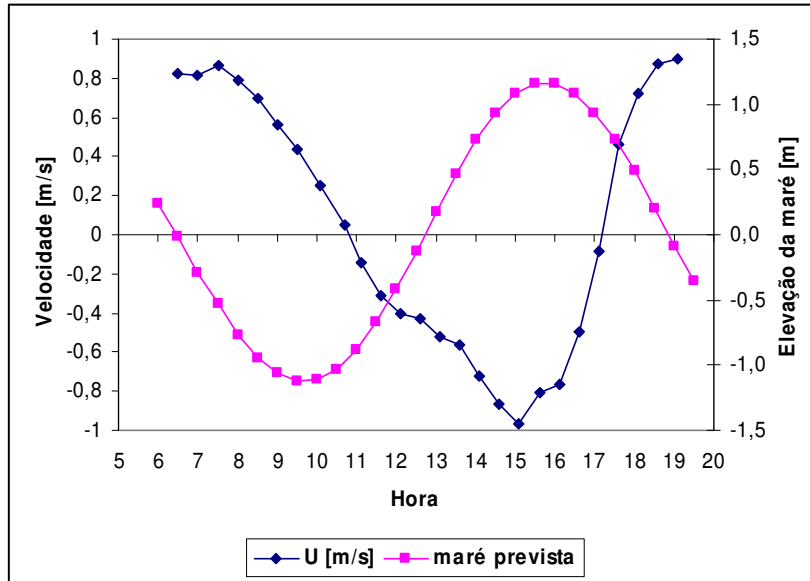


FIGURA 8.2.1-22 – Variação da velocidade média na seção transversal e elevação da maré prevista – canal Sul - 06/04/2008 – sizígia.

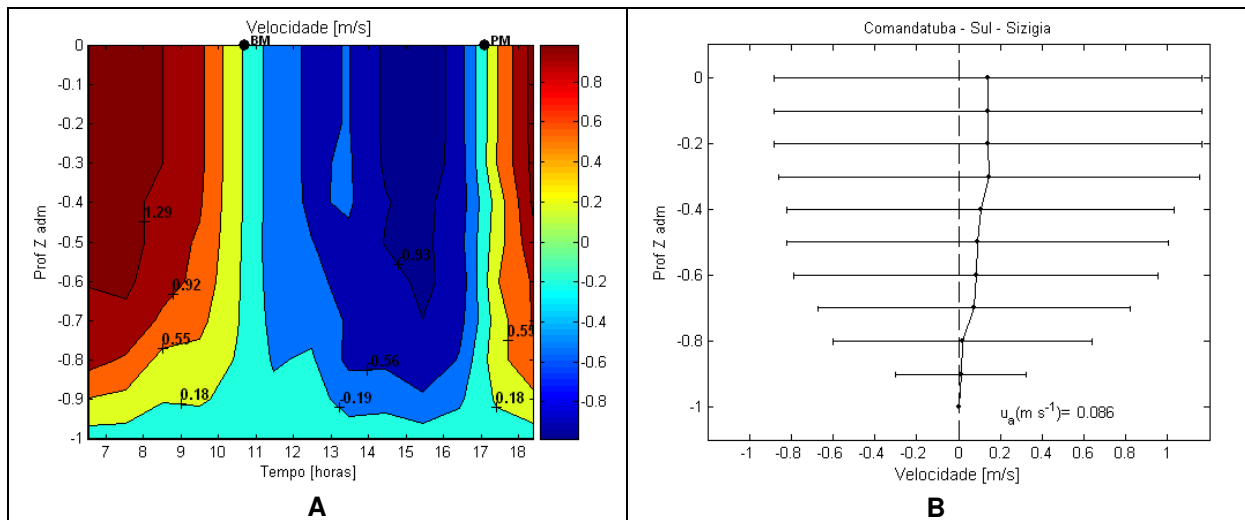


FIGURA 8.2.1-23 – Perfil hidrodinâmico: (a) variação temporal da velocidade e (b) velocidade residual com desvio padrão (barras horizontais) ao longo da coluna d'água – canal Sul - sizígia.

Os campos de velocidade na seção transversal mostraram em ambas as marés de enchente (**FIGURA 8.2.1-24 a**) e vazante (**FIGURA 8.2.1-24 b**) a ocorrência das maiores velocidades nos primeiros 80 m a partir da margem esquerda, resultando em velocidades residuais positivas (**FIGURA 8.2.1-24 c**). No entanto, no outro trecho da seção, o campo de velocidade residual foi negativo (**FIGURA 8.2.1-24 c**).

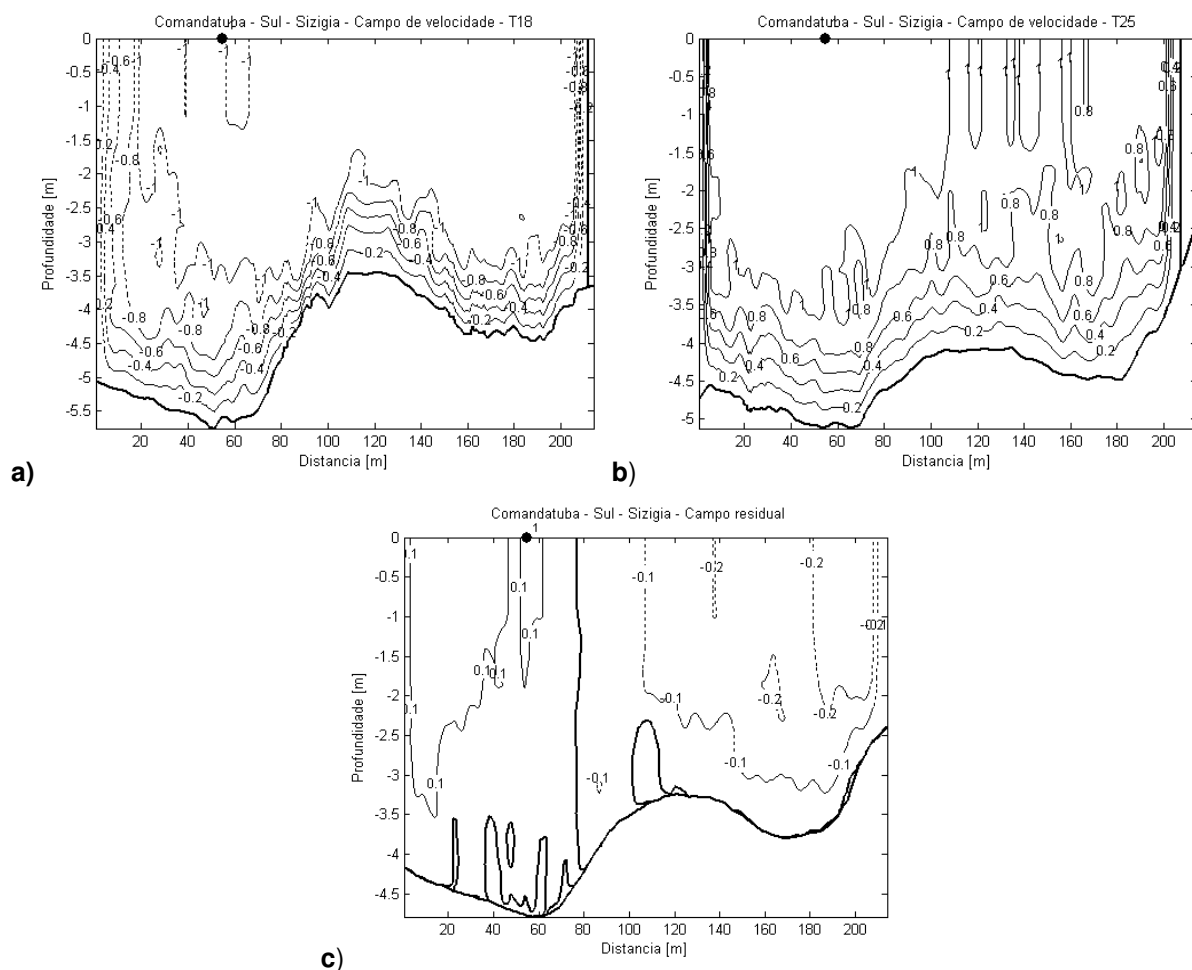


FIGURA 8.2.1-24 – Campo de velocidade: (a) enchente máxima; (b) vazante máxima; c) residual – canal Sul - sizígia.

A corrente máxima na enchente (U_{max}) e a vazão foram um pouco superiores as de vazante. Como o tempo de enchente foi maior que o de vazante, verificou-se uma assimetria de duração, com fator $t_e/t_v = 1,154$. O volume do prisma da vazão foi estimado em 11,12 milhões de m^3 , com um erro estimado em 13,6 %. Com uma

vazão residual negativa (-54 m³/s), o estuário caracterizou-se por importar materiais neste ciclo de maré.

A síntese dos valores da velocidade média na seção transversal (U), da área de escoamento, da vazão (Q) e da maior média vertical (\bar{u}_{max}) a cada intervalo de 0,5 hora são apresentados na **TABELA 8.2.1-4**. A vazão apresentada considera o valor do percentual médio de extrapolação da vazão até as margens (8,92 %).

TABELA 8.2.1-4 - Velocidade média na seção transversal (U), área de escoamento, vazão (Q) e maior média vertical (\bar{u}_{max}) – canal Sul – sizígia.

| Hora | U (m/s) | Área (m ²) | Q (m ³ /s) | \bar{u}_{max} (m/s) |
|------|---------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 6,5 | 0,815 | 907 | 806 | 1,17 |
| 7,0 | 0,793 | 866 | 748 | 1,13 |
| 7,5 | 0,853 | 802 | 745 | 1,23 |
| 8,0 | 0,780 | 769 | 653 | 1,16 |
| 8,5 | 0,690 | 709 | 533 | 0,98 |
| 9,0 | 0,561 | 670 | 409 | 0,92 |
| 9,5 | 0,425 | 619 | 286 | 0,77 |
| 10,0 | 0,283 | 610 | 188 | 0,55 |
| 10,5 | 0,108 | 600 | 70 | 0,23 |
| 11,0 | -0,113 | 630 | -78 | -0,23 |
| 11,5 | -0,274 | 648 | -193 | -0,36 |
| 12,0 | -0,380 | 688 | -285 | -0,57 |
| 12,5 | -0,417 | 749 | -340 | -0,61 |
| 13,0 | -0,486 | 770 | -407 | -0,82 |
| 13,5 | -0,543 | 860 | -509 | -0,93 |
| 14,0 | -0,687 | 901 | -674 | -1,02 |
| 14,5 | -0,822 | 957 | -857 | -1,16 |
| 15,0 | -0,931 | 976 | -989 | -1,19 |
| 15,5 | -0,830 | 1001 | -905 | -1,07 |
| 16,0 | -0,760 | 1007 | -834 | -1,01 |
| 16,5 | -0,546 | 1021 | -607 | -0,79 |
| 17,0 | -0,165 | 1022 | -183 | -0,36 |
| 17,4 | 0,314 | 986 | 337 | -0,11 |
| 17,9 | 0,656 | 976 | 698 | 0,91 |
| 18,4 | 0,829 | 948 | 856 | 1,12 |

Correntes – Canal Norte

Quadratura

Na desembocadura do canal Norte (**FIGURA 8.2.1-18**), as medições em maré de quadratura ocorreram no dia 30 de março de 2008, das 6 às 18,67 horas. O tempo de duração do ciclo foi de 13 horas, estimada em função da equivalência de vazões de início e próximo ao final do monitoramento. A estofa da preamar ocorreu às 10,3 horas, enquanto a da baixa-mar foi às 17,1 horas. Em comparação com a condição da maré prevista (**FIGURA 8.2.1-25**), assim como no canal Sul, houve uma defasagem entre os horários de estofa e as ocorrências da preamar e baixa-mar em cerca de uma hora.

O período de maré vazante apresentou uma duração de 6,8 horas; a velocidade média de vazante foi de 0,11 m/s; a velocidade média máxima foi de 0,21 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de 0,41 m/s; a vazão máxima foi de 217 m³/s, ocorrida às 13,1 horas. O período de maré enchente apresentou uma duração de 6,2 horas; a velocidade média de enchente foi de -0,09 m/s; a velocidade média máxima foi de -0,12 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de -0,19 m/s; a vazão máxima foi de -135 m³/s, ocorrida às 7,7 horas (**FIGURA 8.2.1-26 a**). A velocidade residual foi de 0,017 m/s, com valores positivos na camada superior da coluna d'água e valores negativos na camada inferior, assim como no canal Sul, mostrou uma característica típica de circulação gravitacional (**FIGURA 8.2.1-26 b**).

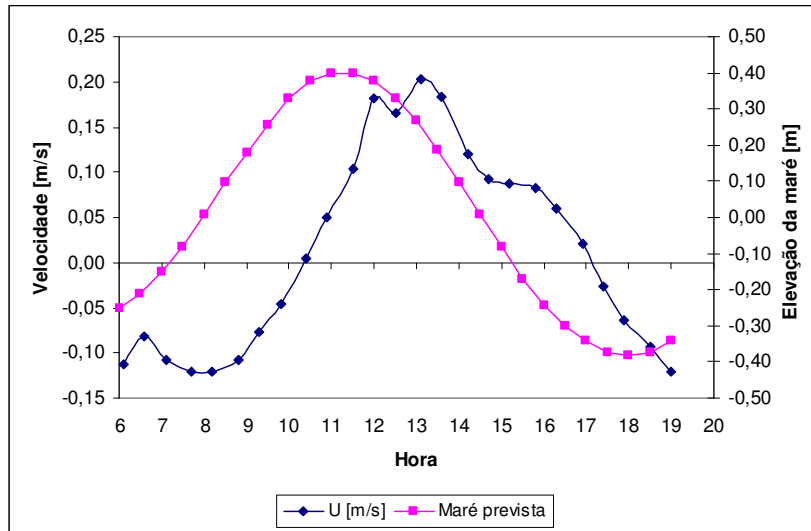


FIGURA 8.2.1-25 – Variação da velocidade média na seção transversal e elevação da maré prevista – Canal Norte - 30/03/2008 – quadratura.

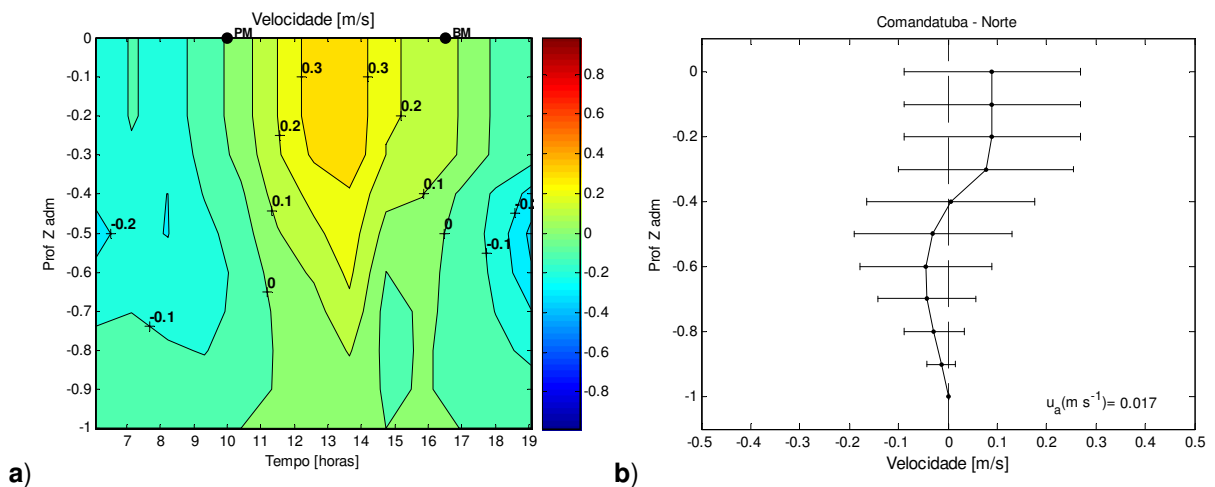


FIGURA 8.2.1-26 Perfil hidrográfico: (a) variação temporal da velocidade e (b) velocidade residual com desvio padrão (barras horizontais) ao longo da coluna d'água – canal Norte - quadratura.

Os campos de velocidade na seção transversal (**FIGURA 8.2.1-27**) mostraram distribuições de velocidade diferenciadas nas marés de enchente e de vazante para os momentos de vazão máxima (**FIGURA 8.2.1-27**). Na maré enchente houve a concentração de maior velocidade próxima à margem esquerda (**FIGURA 8.2.1-27 a**), enquanto na maré vazante as maiores correntes ficaram junto da margem direita (**FIGURA 8.2.1-27 b**). A TABELA 8.2.1-5 apresenta os valores característicos do ciclo da maré de quadratura no canal Norte.

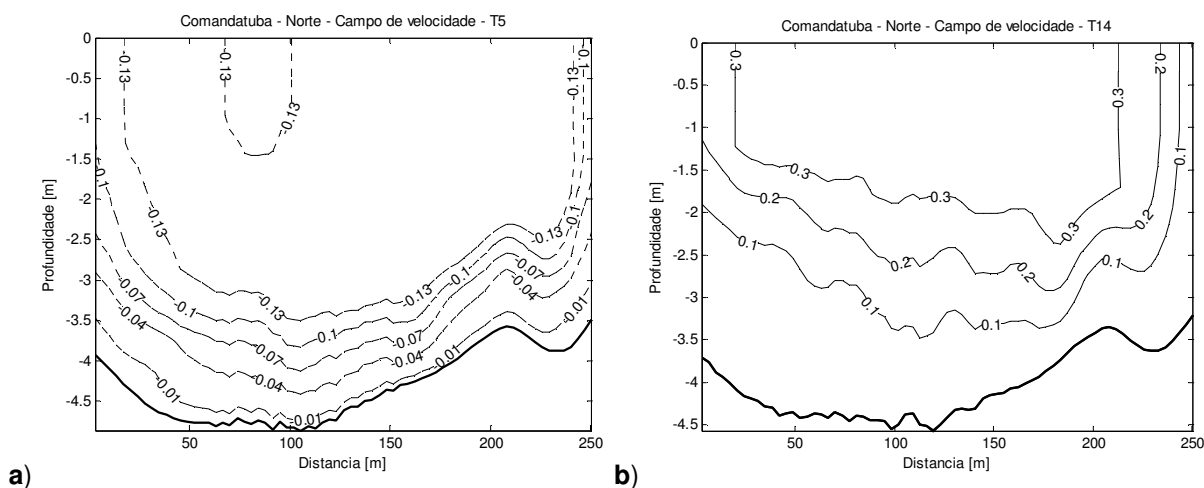


FIGURA 8.2.1-27 – Campo de velocidade: (a) enchente máxima e (b) vazante máxima – canal Norte - quadratura.

TABELA 8.2.1-5 - Resumo com os valores característicos dos ciclos monitorados no canal Norte.

| | <i>Quadratura</i> | <i>Sizígia</i> |
|--------------------------------------|-------------------|----------------|
| Hora de início da medição | 6,1 | 6,1 |
| Hora do fim da medição | 18,6 | 18,6 |
| Duração do ciclo [horas] | 13,01 | 12,39 |
| Estofa da baixa-mar | 17,11 | 11,82 |
| Estofa da preamar | 10,32 | 18,01 |
| Tempo de vazante (tv) [horas] | 6,8 | 6,19 |
| Vel média na vazante – U [m/s] | 0,11 | 0,38 |
| Vel U máxima [m/s] | 0,21 | 0,6 |
| Vel média na vertical - máxima [m/s] | 0,41 | 0,88 |
| Vazão máxima – Qmax [m³/s] | 217 | 629 |
| Hora da Qmax | 13,1 | 7,6 |
| Tempo de enchente (te) [horas] | 6,21 | 6,2 |
| Vel média na enchente - U [m/s] | -0,09 | -0,38 |
| Vel U máxima [m/s] | -0,12 | -0,5 |
| Vel média na vertical - máxima [m/s] | -0,29 | -0,7 |
| Vazão máxima – Qmax [m³/s] | -135 | -635 |
| Hora da Qmax | 7,7 | 15,9 |
| te/tv | 0,914 | 1,001 |
| Prisma – P [m³] | 1956751 | 9560627 |
| Prisma - erro [%] | 18,44 | 17,57 |
| Vazão Residual [m³/s] | 17,09 | -21,24 |

Neste ciclo de quadratura no canal Norte, as correntes na vazante foram um pouco superiores às de enchente. Como o tempo de enchente foi menor que o de vazante, verificou-se uma assimetria de duração, com fator $te/tv = 0,914$. O volume do prisma da vazão foi estimado em 1,95 milhões de m³, com um erro estimado em 18%. Com uma vazão residual positiva (17,1 m³/s), o estuário caracterizou-se com exportação de materiais neste ciclo de maré.

A síntese dos valores da velocidade média na seção transversal (U), da área de escoamento, da vazão (Q) e da maior média vertical (\bar{u}_{max}) a cada intervalo de 0,5 hora são apresentados na **TABELA 8.2.1-6**. A vazão apresentada considera o valor do percentual médio de extrapolação da vazão até as margens (2,49 %).

TABELA 8.2.1-6 - Velocidade média na seção (U), área de escoamento, vazão (Q) e maior média vertical (\bar{u}_{max}) – canal Norte – quadratura.

| Hora | U (m/s) | Área (m ²) | Q (m ³ /s) | \bar{u}_{max} (m/s) |
|------|---------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 6,1 | -0,115 | 1036 | -123 | -0,16 |
| 6,6 | -0,083 | 1036 | -88 | -0,14 |
| 7,2 | -0,109 | 1055 | -118 | -0,16 |
| 7,7 | -0,122 | 1076 | -135 | -0,16 |
| 8,2 | -0,120 | 1087 | -134 | -0,15 |
| 8,8 | -0,104 | 1100 | -117 | -0,16 |
| 9,3 | -0,075 | 1109 | -85 | -0,13 |
| 9,9 | -0,044 | 1110 | -50 | -0,08 |
| 10,4 | 0,009 | 1104 | 10 | 0,06 |
| 10,9 | 0,053 | 1103 | 60 | 0,13 |
| 11,5 | 0,109 | 1093 | 122 | 0,18 |
| 12,0 | 0,189 | 1063 | 205 | 0,28 |
| 12,6 | 0,171 | 1050 | 184 | 0,28 |
| 13,1 | 0,209 | 1017 | 217 | 0,34 |
| 13,7 | 0,185 | 1001 | 190 | 0,42 |
| 14,2 | 0,123 | 996 | 125 | 0,21 |
| 14,7 | 0,096 | 980 | 96 | 0,15 |
| 15,3 | 0,093 | 965 | 92 | 0,15 |
| 15,8 | 0,084 | 957 | 82 | 0,12 |
| 16,4 | 0,059 | 949 | 57 | 0,10 |
| 16,9 | 0,018 | 937 | 17 | 0,08 |
| 17,5 | -0,030 | 941 | -29 | -0,08 |
| 18,0 | -0,067 | 945 | -65 | -0,10 |
| 18,5 | -0,095 | 959 | -94 | -0,17 |
| 19,1 | -0,122 | 976 | -122 | -0,29 |

Sizígia

Na desembocadura do canal Norte (**FIGURA 8.2.1-18**), as medições em maré de sizígia ocorreram no dia 07 de abril de 2008, das 6,5 às 19,17 horas. O tempo de duração do ciclo foi de 12,4 horas. A estofa da baixa-mar ocorreu às 11,8 horas, enquanto a estofa referente a preamar foi às 18 horas. Em comparação com a condição da maré prevista (**FIGURA 8.2.1-28**), assim como no canal Sul, houve uma defasagem entre os horários de estofa e as ocorrências da preamar e baixa-mar em cerca de uma hora e meia.

O período de maré vazante apresentou uma duração de 6,2 horas; a velocidade média de vazante foi de 0,38 m/s; a velocidade média máxima foi de 0,6 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de 0,88 m/s; a vazão máxima foi de 629 m³/s, ocorrida às 7,6 horas. O período de maré enchente apresentou uma duração de 6,2 horas; a velocidade média de enchente foi de -0,38 m/s; a velocidade média máxima foi de -0,5 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de -0,7 m/s; a vazão máxima foi de -635 m³/s, ocorrida às 15,9 horas (**FIGURA 8.2.1-29 a**). A velocidade residual foi de 0,03 m/s, na posição do perfil hidrográfico, com valores positivos em toda a coluna d'água (**FIGURA 8.2.1-29 b**).

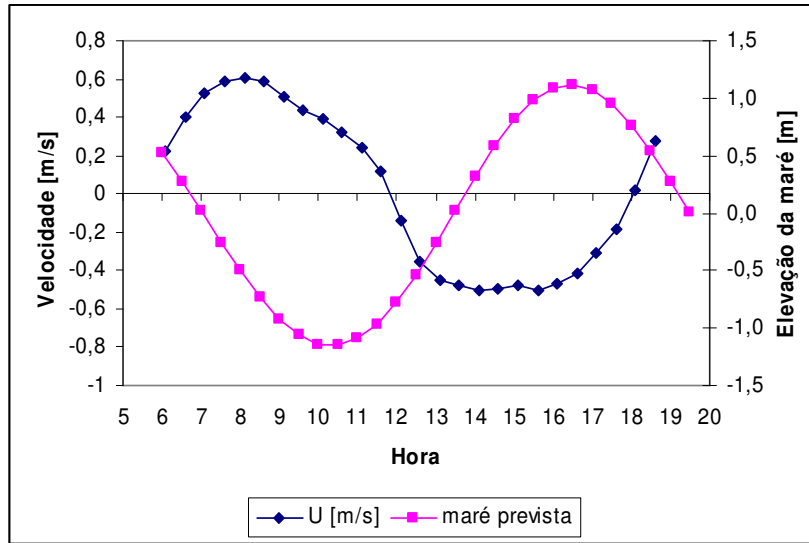


FIGURA 8.2.1-28 – Variação da velocidade média na seção transversal e elevação da maré prevista – canal Norte - 07/04/2008 – sizígia.

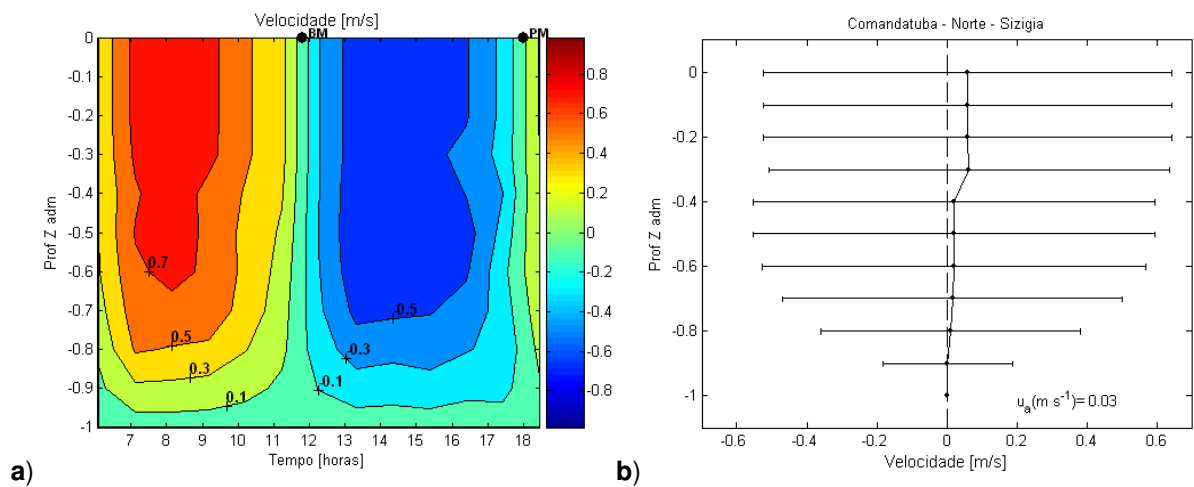


FIGURA 8.2.1-29 – Perfil hidrográfico: (a) variação temporal da velocidade e (b) velocidade residual com desvio padrão (barras horizontais) ao longo da coluna d'água – canal Sul - sizígia.

A síntese dos valores da velocidade média na seção transversal (U), da área de escoamento, da vazão (Q) e da maior média vertical (\bar{u}_{max}), a cada intervalo de 0,5 hora, consta na **TABELA 8.2.1-7**. A vazão apresentada considera o valor do percentual médio de extrapolação da vazão até as margens (2,92 %).

Os campos de velocidade na seção transversal, assim como na maré de quadratura, mostraram distribuições de velocidade diferenciadas nas marés de enchente e de vazante para os momentos de vazão máxima (**FIGURA 8.2.1-30**). Na maré enchente houve a concentração de maior velocidade próxima a margem esquerda (**a**), e na maré vazante, por sua vez, as maiores correntes ficaram junto da margem direita (**b**).

As correntes, embora de magnitude semelhante, na vazante foram um pouco superiores às de enchente. O tempo de enchente foi praticamente igual ao de vazante, resultando no fator $t_e/t_v = 1,001$. O volume do prisma da vazão foi estimado em 9,56 milhões de m^3 , com um erro estimado em 17%. Com uma vazão residual negativa ($-21 m^3/s$), o estuário caracterizou-se por importar materiais neste ciclo de maré.

TABELA 8.2.1-7 - Velocidade média na seção transversal (U), área de escoamento, vazão (Q) e maior média vertical (\bar{u}_{max}) – canal Norte – sizígia.

| Hora | U (m/s) | Área (m ²) | Q (m ³ /s) | \bar{u}_{max} (m/s) |
|------|---------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 6,1 | 0,219 | 1200 | 271 | 0,34 |
| 6,6 | 0,404 | 1161 | 483 | 0,54 |
| 7,1 | 0,527 | 1115 | 605 | 0,78 |
| 7,6 | 0,582 | 1050 | 629 | 0,81 |
| 8,1 | 0,601 | 1006 | 622 | 0,88 |
| 8,7 | 0,565 | 965 | 561 | 0,83 |
| 9,2 | 0,490 | 923 | 465 | 0,78 |
| 9,7 | 0,427 | 883 | 388 | 0,66 |
| 10,2 | 0,370 | 853 | 325 | 0,58 |
| 10,7 | 0,288 | 831 | 247 | 0,48 |
| 11,2 | 0,196 | 814 | 164 | 0,31 |
| 11,8 | 0,028 | 825 | 24 | 0,10 |
| 12,3 | -0,219 | 853 | -192 | -0,27 |
| 12,8 | -0,387 | 905 | -361 | -0,50 |
| 13,3 | -0,453 | 975 | -455 | -0,61 |
| 13,8 | -0,485 | 1054 | -526 | -0,69 |
| 14,3 | -0,496 | 1125 | -574 | -0,66 |
| 14,9 | -0,480 | 1189 | -587 | -0,63 |
| 15,4 | -0,490 | 1243 | -626 | -0,64 |
| 15,9 | -0,480 | 1285 | -635 | -0,64 |
| 16,4 | -0,429 | 1308 | -578 | -0,58 |
| 16,9 | -0,338 | 1318 | -458 | -0,44 |
| 17,4 | -0,214 | 1308 | -288 | -0,32 |
| 17,9 | -0,029 | 1270 | -39 | -0,13 |
| 18,5 | 0,216 | 1226 | 272 | 0,31 |

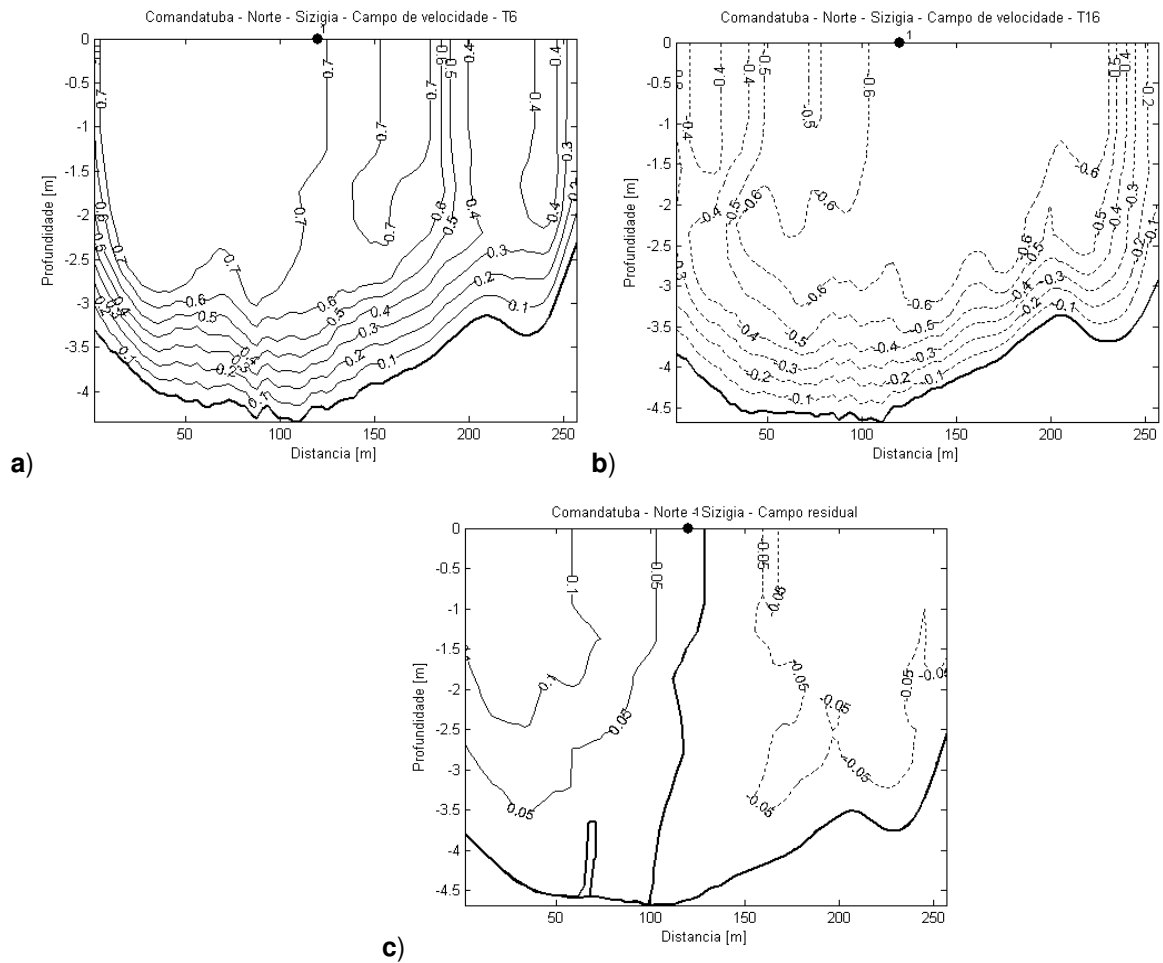


FIGURA 8.2.1-30 – Campo de velocidade: (a) vazante máxima; (b) enchente máxima; c) residual – canal Norte - sizigia.

Salinidade – Canal Sul

Quadratura

A salinidade foi medida nos perfis hidrográficos com o CTD no talvegue da seção transversal (vertical de maior profundidade), em ambos os canais Sul e Norte.

Em maré de quadratura, a salinidade oscilou entre o valor mínimo de 27,4, na baixa-mar, e o máximo de 36,7, próximo da preamar (**FIGURA 8.2.1-31 a**), sendo que a média geral foi de 33. A salinidade média na vertical variou de 29,5 a 36,2. Ao longo de todo o ciclo de maré em quadratura a salinidade apresentou variação na vertical, crescente da superfície para o fundo (**FIGURA 8.2.1-31 b**), em decorrência das baixas correntes e pouca energia para mistura de toda coluna d'água, bem como de algum provável aporte fluvial. Próximo da estufa da preamar (8,6 horas) ocorreu a menor diferença entre a salinidade na superfície e no fundo (0,9), enquanto no entorno da estufa da baixa-mar (15,2 horas) foi verificado uma diferença de 8,5.

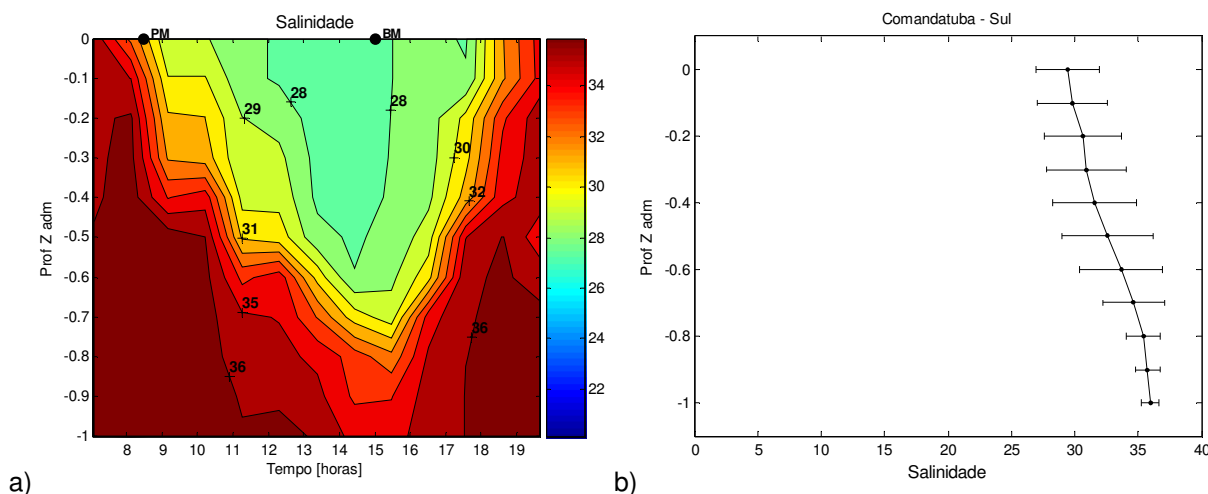


FIGURA 8.2.1-31 – Salinidade: a) variação temporal da salinidade na coluna d'água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – Canal Sul – quadratura.

Sizígia

Em maré de sizígia, com energia da maré suficiente para misturar toda coluna d'água, quase não houve variação vertical da salinidade (**FIGURA 8.2.1-32 a e 8.2.1-32 b**). Essa variável oscilou entre o valor mínimo de 33,6, na baixa-mar, e o máximo de 37, próximo da preamar, sendo que a média geral foi de 36,1. A salinidade média na vertical variou de 34 a 36,9.

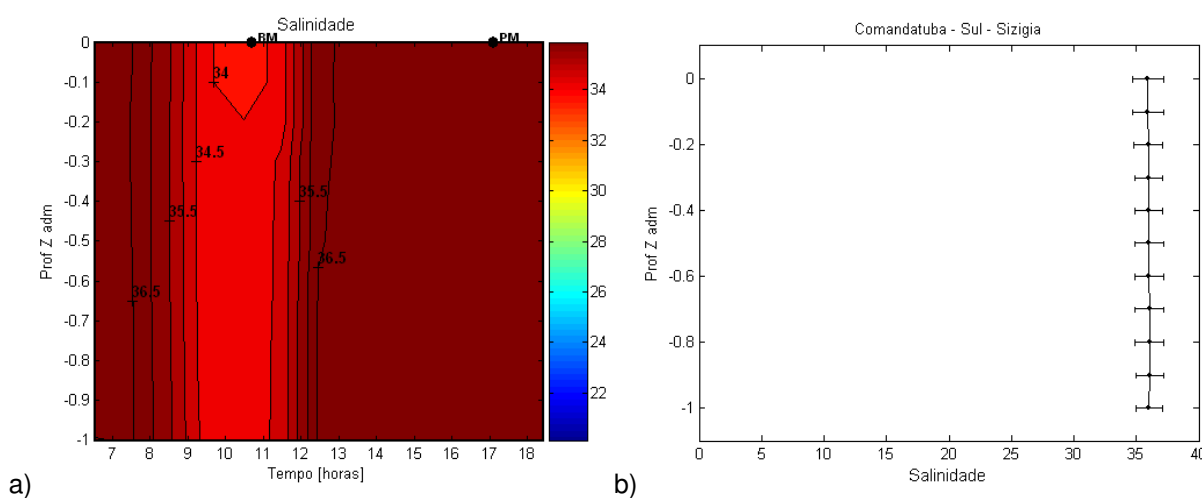


FIGURA 8.2.1-32 – Salinidade: a) variação temporal na coluna d'água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – Canal Sul – sizígia.

Salinidade – Canal Norte

Quadratura

Em maré de quadratura, a salinidade oscilou entre o valor mínimo de 21, na baixa-mar, próximo da superfície, e o máximo de 36,4, próximo da preamar, junto ao fundo, sendo que a média geral foi de 29,5. A salinidade média na vertical variou de 27,8 a 31,9. Ao longo de todo o ciclo de maré a variação da salinidade na vertical no canal Norte (**FIGURA 8.2.1-33 b**) foi mais acentuada do que aquela do canal Sul (**FIGURA 8.2.1-31 b**). Próximo da estufa da preamar (10,3 horas) ocorreu a menor

diferença entre a salinidade na superfície e no fundo (9,7), enquanto no entorno da estufa da baixa-mar (17,1 horas) foi verificado uma diferença de 15,4. Vale ressaltar, que a partir de 9,5 horas começou a chover, permanecendo assim até o fim do dia.

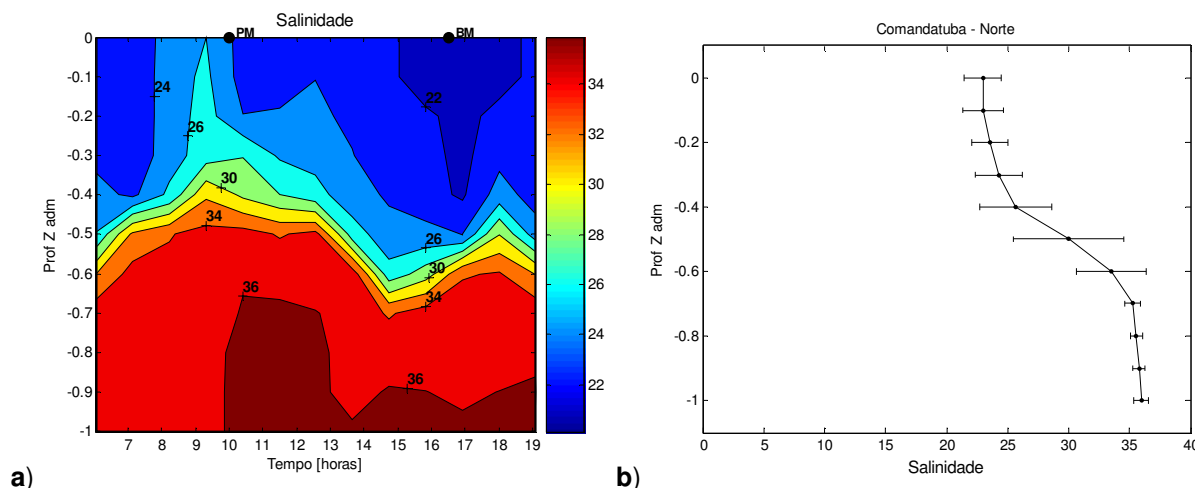


FIGURA 8.2.1-33 – Salinidade: a) variação temporal na coluna d’água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Norte – quadratura.

Sizígia

Em maré de sizígia, da mesma maneira que no canal Sul, a energia da maré foi suficiente para misturar toda coluna d’água e quase não houve variação da salinidade na vertical (**FIGURA 8.2.1-34 a** e **FIGURA 8.2.1-34 b**). Essa variável oscilou entre o valor mínimo de 29,2, na baixa-mar, e o máximo de 37, próximo da preamar, sendo que a média geral ficou igual a 34,9. Apesar de uma coluna d’água com sal bem misturado, observou-se uma diferença maior entre o valor médio da vertical da baixa-mar (29,6) para a preamar (36,9) em relação a variação ocorrida no canal Sul (de 34 para 36,9). Isto, associado a maior variação da salinidade na vertical em quadratura (**FIGURA 8.2.1-33**), dá indícios de maior contribuição de água doce no canal Norte.

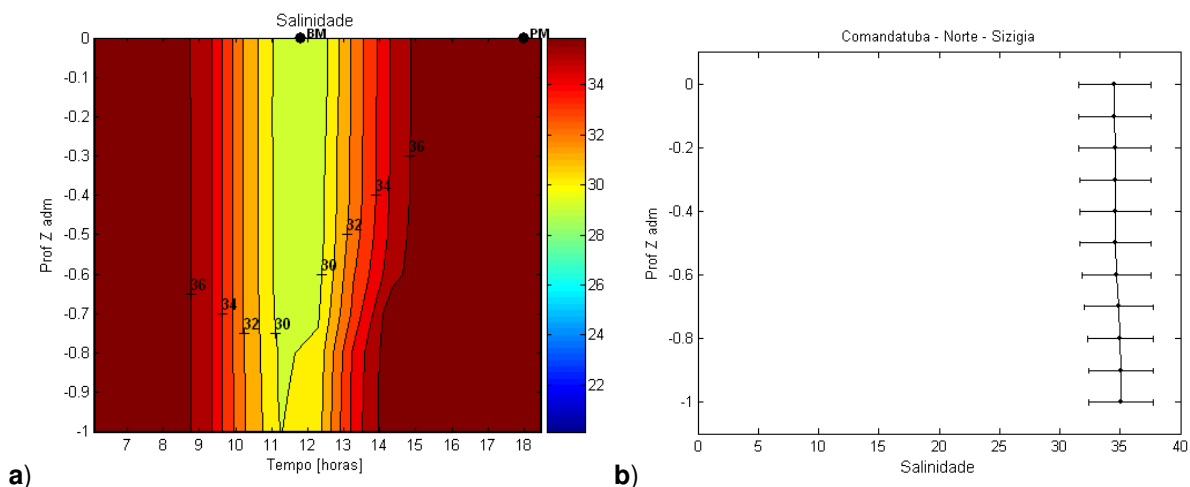


FIGURA 8.2.1-34 – Salinidade: a) variação temporal na coluna d’água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Norte – sizígia.

Temperatura – Canal Sul

Quadratura

A temperatura, medida junto com a salinidade, apresentou uma distribuição no tempo e na coluna d’água muito similar à salinidade, com valor mínimo de 28,1 °C, na preamar, e o máximo de 30,9°C, próximo da baixa-mar (**FIGURA 8.2.1-35 a**), sendo que a média geral foi de 29,2°C. No entanto, o perfil vertical mostrou decréscimo de temperatura da superfície para o fundo (**FIGURA 8.2.1-35 b**), associando menor temperatura às águas de maior salinidade (**FIGURA 8.2.1-31 b**).

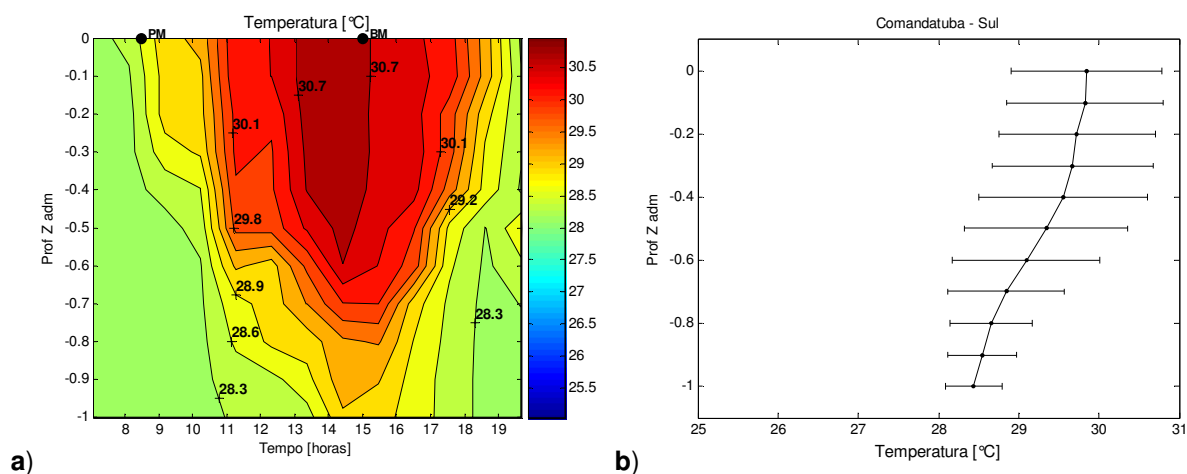


FIGURA 8.2.1-35 – Temperatura: a) variação temporal na coluna d’água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Sul – quadratura.

Sizígia

Em maré de sizígia, com energia da maré suficiente para misturar toda coluna d’água, a variação vertical da temperatura foi pequena (**FIGURA 8.2.1-36 a e 8.2.1-36 b**). Esta oscilou entre o valor mínimo de 27,8°C, na preamar, e o máximo de 28,5°C, próximo da baixa-mar, sendo que a média geral foi de 28,1 °C.

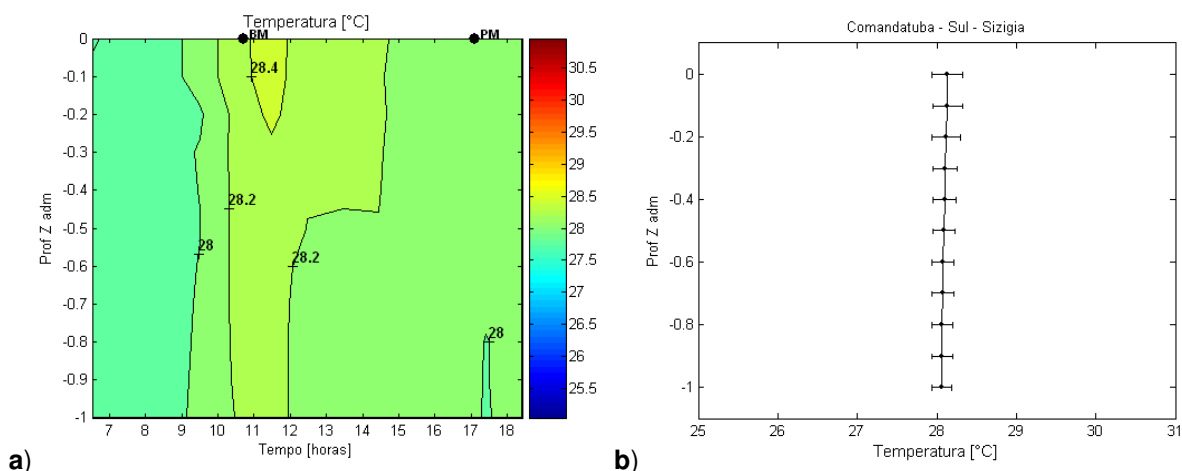


FIGURA 8.2.1-36 – Temperatura: a) variação temporal na coluna d’água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Sul – sizigia.

Temperatura – Canal Norte

Quadratura

A temperatura apresentou também uma distribuição similar a da salinidade, tendo o valor mínimo de 27,5°C ocorrido na camada junto ao fundo, na preamar, e o máximo de 30°C na camada superficial, próximo da baixa-mar (**FIGURA 8.2.1-37 a**), sendo que a média geral foi de 28,9°C. Assim, o perfil vertical mostrou decréscimo de temperatura da superfície para o fundo (**FIGURA 8.2.1-37 b**), associando menor temperatura às águas com maior salinidade (**FIGURA 8.2.1-33 b**).

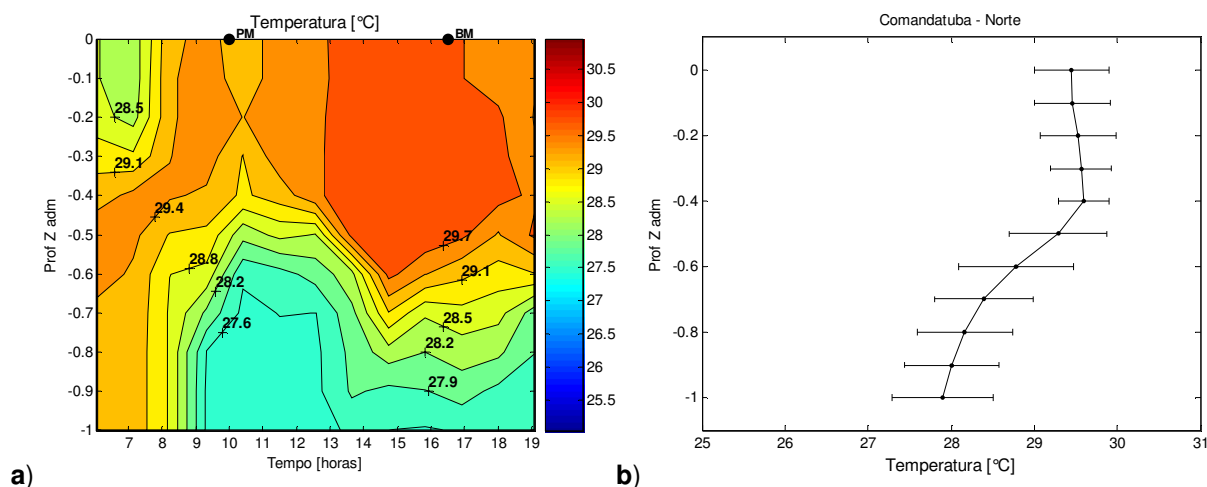


FIGURA 8.2.1-37 – Temperatura: a) variação temporal na coluna d’água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Norte – quadratura.

Sizígia

Assim como no canal Sul, a energia da maré em sizígia provocou maior mistura na coluna d’água (**FIGURA 8.2.1-38 a e 8.2.1-38 b**). Ela oscilou entre o valor mínimo de 27,5°C, na preamar, e o máximo de 29,9°C, próximo da baixa-mar, sendo que a média geral foi de 28,5°C. Em relação ao canal Sul (**FIGURA 8.2.1-36**), a temperatura no canal Norte foi maior, principalmente na camada superficial (**FIGURA 8.2.1-38 b**), bem como os maiores valores ocorreram após a estofa da baixa-mar e, neste caso, com variação na vertical de quase 1°C.

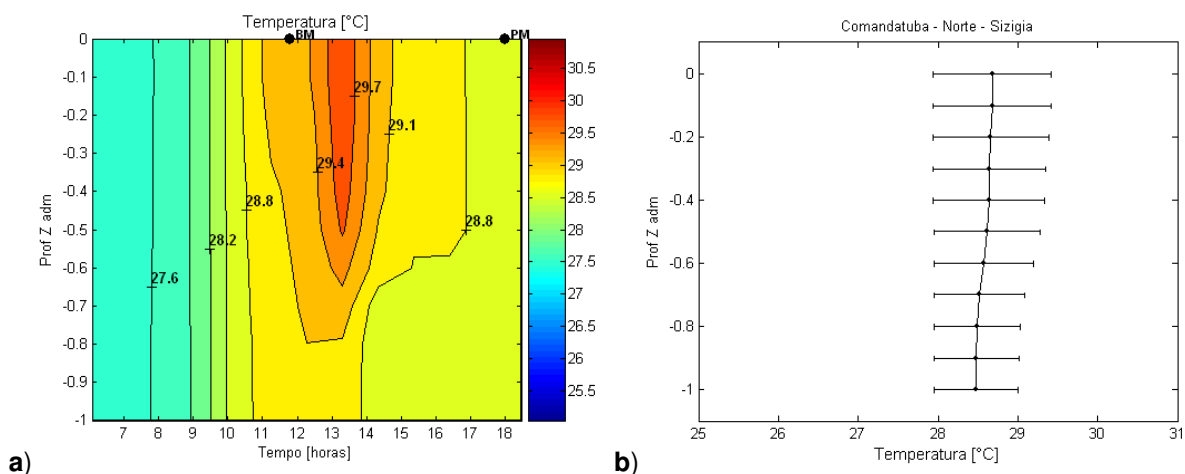


FIGURA 8.2.1-38 – Temperatura: a) variação temporal; b) perfil vertical médio – canal Norte – sizigia.

Classificação

A classificação do estuário da Ilha de Comandatuba foi definida por meio dos dados de salinidade e de correntes, segundo o diagrama de estratificação-circulação proposto por Hansen e Rattray (1966).

O diagrama de estratificação-circulação utiliza dois parâmetros: 1) $\delta S / S$, que corresponde ao parâmetro de estratificação (p_e); e 2) u_s / u_f que corresponde ao de circulação (p_c); onde, δS = é a diferença entre a salinidade do fundo e da superfície; S = salinidade média; u_s = velocidade média na superfície e u_f = velocidade fluvial ou residual (média).

Canal Sul

Na maré de quadratura o canal Sul ficou classificado como *tipo 2b* - parcialmente misturado – altamente estratificado ($p_e = 0,2$ e $p_c = 6,3$); enquanto na maré de sizigia este canal ficou classificado como *tipo 1a*, isto é, bem misturado ($p_e = 0,003$ e $p_c = 1,59$) (**FIGURAS 8.2.1-39 a e b**, respectivamente).

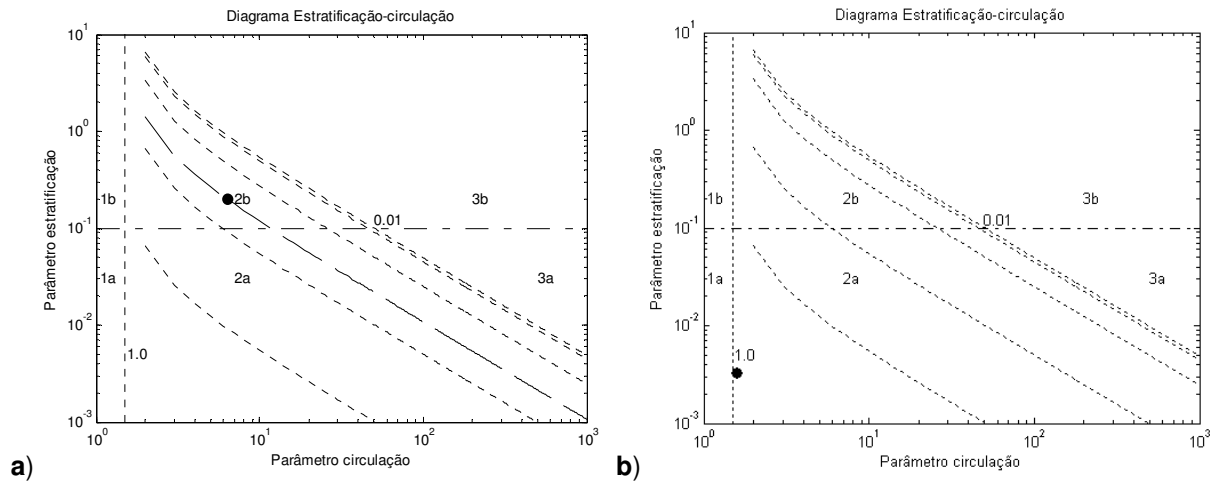


FIGURA 8.2.1-39 – Diagrama de Estratificação-circulação – canal Sul: a) quadratura e b) sizígia.

Canal Norte

Assim como no canal Sul, na maré de quadratura o canal Norte ficou classificado como *tipo 2b* - parcialmente misturado – altamente estratificado ($p_e = 0,44$ e $p_c = 6,1$); e na maré de sizígia o mesmo canal passou para a classe do *tipo 1a* - bem misturado ($p_e = 0,015$ e $p_c = 1,9$) (**FIGURAS 8.2.1-40 a e b**, respectivamente)..

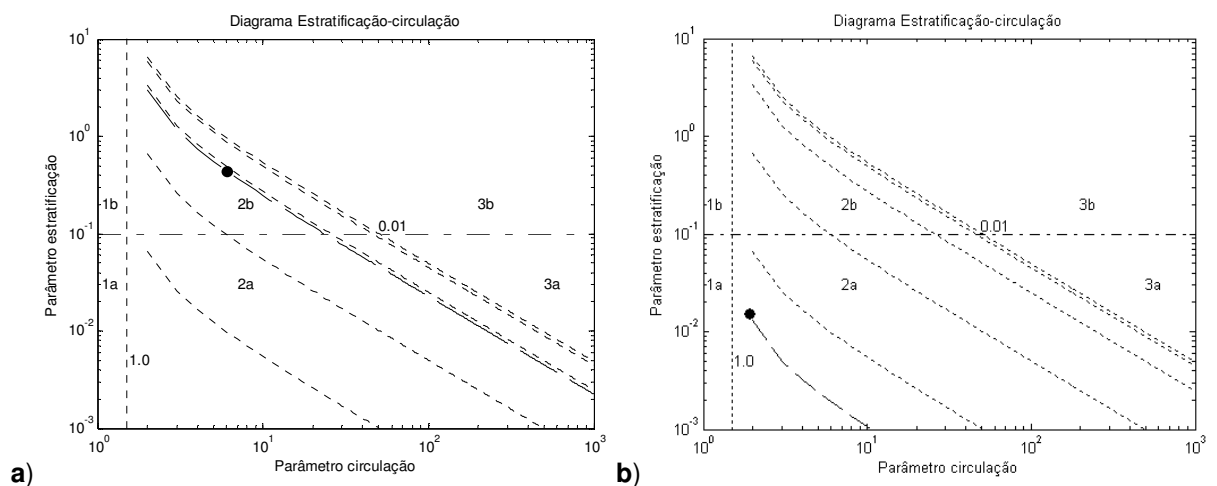


FIGURA 8.2.1-40 – Diagrama de Estratificação-circulação – canal Norte: a) quadratura e b) sizígia.

CAMPANHA DE INVERNO

Maré

A maré na região da Ilha de Comandatuba tem frequência semi-diurna e foi avaliada por meio da previsão de maré para Ilhéus, com base nas constantes harmônicas do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil.

A maré prevista para Ilhéus no ano de 2008 tem altura média de 2,11 m em sizígia e 0,58 m em quadratura. Para o período de monitoramento, em maré de sizígia, nos dias 2 e 3 de agosto, a altura prevista foi de 2,1 m; em maré de quadratura, nos dias 9 e 10 de agosto, a altura prevista foi de 0,53 m e 0,50 m, respectivamente. Ao comparar com os valores médios do ano de 2008, as alturas do período de monitoramento são bem representativas.

Correntes – Canal Sul

Sizígia

Na desembocadura do canal Sul (**FIGURA 8.2.1-16 e 8.2.1-17**), as medições em maré de sizígia ocorreram no dia 02 de agosto de 2008, das 6,5 às 19,5 horas. O tempo de duração do ciclo foi de 12,5 horas, estimada em função da equivalência de vazões de início e próximo ao final do monitoramento. A estofa da baixa-mar ocorreu às 11,7 horas, enquanto a da preamar foi às 18 horas. Em comparação com a condição da maré prevista (**FIGURA 8.2.1-41**), houve uma defasagem entre os horários de estofa e as ocorrências da preamar e baixa-mar em cerca de uma hora e meia (lembrando que a maré se refere à previsão para Ilhéus).

O período de maré vazante apresentou uma duração de 6,1 horas; a velocidade média de vazante foi de 0,53 m/s; a velocidade média máxima foi de 0,76 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de 1,17 m/s; a vazão máxima foi de 710 m³/s, ocorrida às 7,6 horas (**FIGURA 8.2.1-42 a**). O período de maré enchente

apresentou uma duração de 6,33 horas; a velocidade média de enchente foi de -0,41 m/s; a velocidade média máxima foi de -0,66 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de -0,98 m/s; a vazão máxima foi de -681 m³/s, ocorrida às 15,9 horas. A velocidade residual foi de 0,146 m/s, na posição do perfil hidrográfico, com valores positivos em toda a coluna d'água (**FIGURA 8.2.1-42 b**).

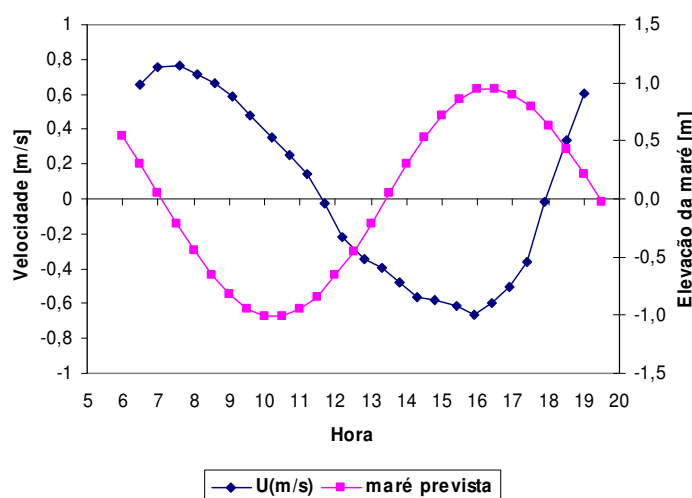


FIGURA 8.2.1-41 – Variação da velocidade média na seção transversal e elevação da maré prevista – canal Sul - 02/08/2008 – sizígia - Inverno.

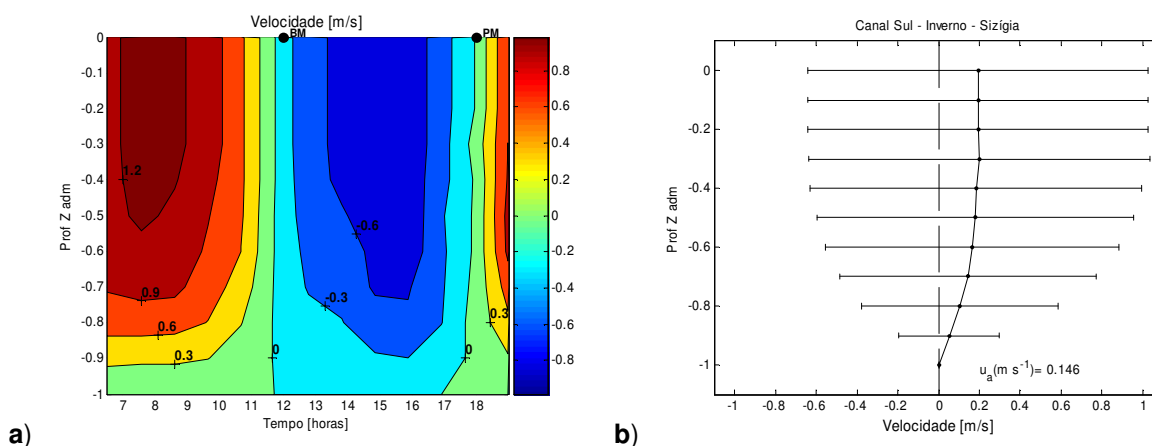


FIGURA 8.2.1-42 – Perfil hidrográfico: (a) variação temporal da velocidade e (b) velocidade residual com desvio padrão (barras horizontais) ao longo da coluna d'água – canal Sul – sizígia - Inverno.

Os campos de velocidade na seção transversal mostraram a ocorrência das maiores velocidades após os 80 m a partir da margem esquerda na maré de enchente (**FIGURA 8.2.1-43 a**), enquanto se concentraram nos primeiros 80 m na maré vazante (**FIGURA 8.2.1-43 b**), resultando em velocidades residuais de sentido oposto na seção (**FIGURA 8.2.1-43 c**).

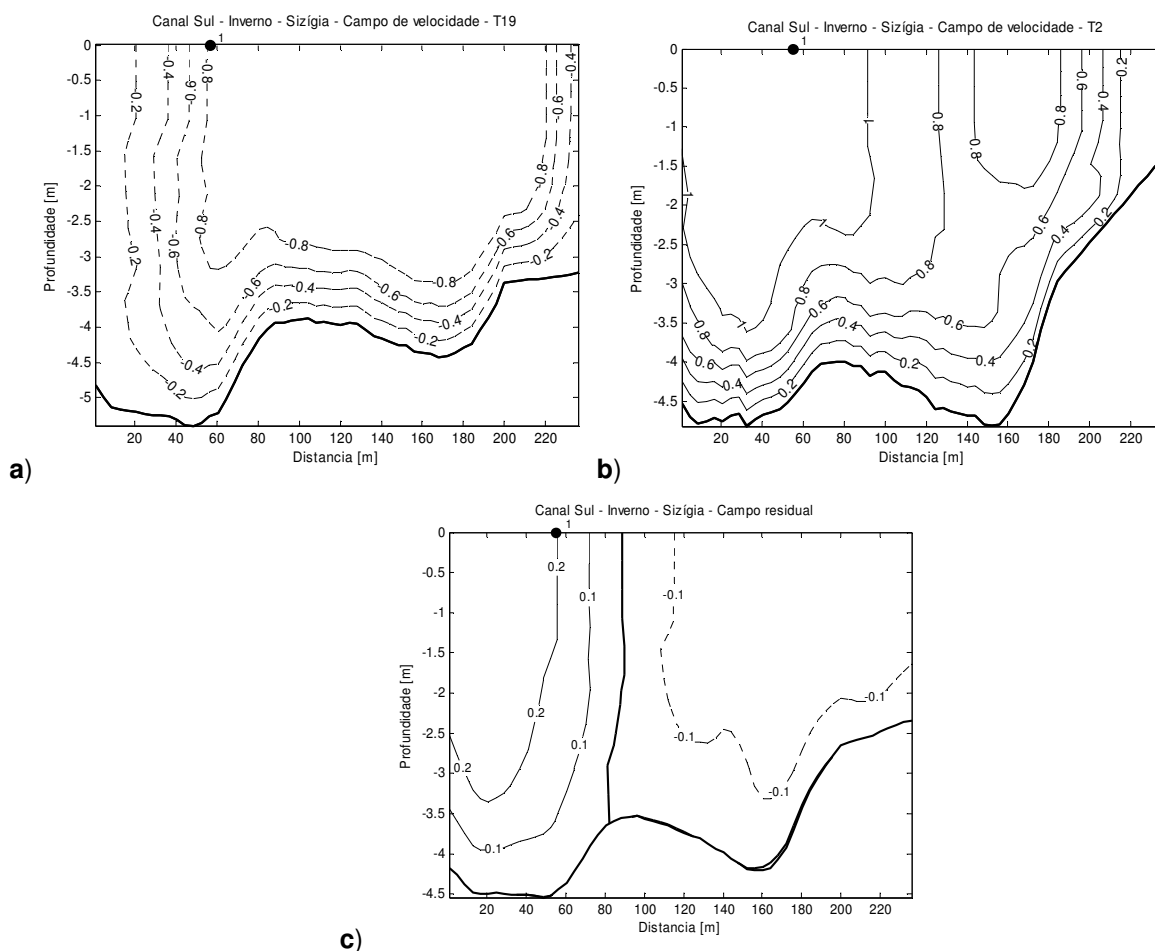


FIGURA 8.2.1-43 – Campo de velocidade: (a) enchente máxima; (b) vazante máxima; c) residual – canal Sul – sizígia - Inverno.

A **TABELA 8.2.1-8** mostra os valores característicos do ciclo da maré de sizígia no canal Sul.

TABELA 8.2.1-8 - Resumo com os valores característicos dos ciclos monitorados no canal Sul.

| | <i>Sizígia</i> | <i>Quadratura</i> |
|-----------------------------------------|----------------|-------------------|
| Hora de início da medição | 6,5 | 6,6 |
| Hora do fim da medição | 19,5 | 19,5 |
| Duração do ciclo [horas] | 12,5 | 12,5 |
| Estofa da baixa-mar | 11,7 | 15,6 |
| Estofa da preamar | 18,0 | 9,5 |
| Tempo de vazante (tv) [horas] | 6,1 | 6,03 |
| Vel média na vazante – U [m/s] | 0,53 | 0,08 |
| Vel U máxima [m/s] | 0,76 | 0,16 |
| Vel média na vertical - máxima [m/s] | 1,17 | 0,23 |
| Vazão máxima – Qmax [m ³ /s] | 709,8 | 159,0 |
| Hora da Qmax | 7,6 | 11,3 |
| Tempo de enchente (te) [horas] | 6,33 | 6,48 |
| Vel média na enchente - U [m/s] | -0,41 | -0,08 |
| Vel U máxima [m/s] | -0,66 | -0,13 |
| Vel média na vertical - máxima [m/s] | -0,98 | -0,22 |
| Vazão máxima – Qmax [m ³ /s] | -680,8 | -128,3 |
| Hora da Qmax | 15,9 | 19,1 |
| te/tv | 1,03 | 1,074 |
| Prisma – P [m ³] | 9440230 | 1612655 |
| Prisma - erro [%] | 14,9 | 19,2 |
| Vazão Residual [m ³ /s] | -4,44 | 5,5 |

A corrente máxima na maré enchente (U_{max}) e a vazão foram um pouco superiores as de enchente. O tempo de maré enchente foi levemente maior que de vazante, resultando em uma assimetria de duração, com fator $te/tv = 1,03$. O volume do prisma da vazão foi estimado em 9,44 milhões de m³, com um erro estimado em 14,9 %. Com uma vazão residual negativa (-4,44 m³/s), o estuário caracterizou-se por uma pequena importação de materiais neste ciclo de maré.

A síntese dos valores da velocidade média na seção transversal (U), da área de escoamento, da vazão (Q) e da maior velocidade média vertical (\bar{u}_{max}), a cada intervalo de 0,5 hora, são apresentados na **TABELA 8.2.1-9**. A vazão considera o

valor do percentual médio de extrapolação da vazão medida até as margens (7,9 %).

TABELA 8.2.1-9 - Velocidade média na seção transversal (U), área de escoamento, vazão (Q) e maior velocidade média vertical (\bar{u}_{max}) – canal Sul – sizígia - Inverno.

| Hora | U (m/s) | Área (m ²) | Q (m ³ /s)* | \bar{u}_{max} (m/s) |
|------|---------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| 6,5 | 0,652 | 968 | 681 | 0,94 |
| 7,0 | 0,756 | 932 | 760 | 1,09 |
| 7,6 | 0,764 | 930 | 766 | 1,16 |
| 8,1 | 0,715 | 900 | 695 | 1,17 |
| 8,6 | 0,664 | 868 | 622 | 1,10 |
| 9,1 | 0,586 | 793 | 501 | 0,92 |
| 9,6 | 0,481 | 754 | 391 | 0,84 |
| 10,2 | 0,352 | 705 | 268 | 0,68 |
| 10,7 | 0,254 | 673 | 185 | 0,57 |
| 11,2 | 0,140 | 670 | 101 | 0,32 |
| 11,7 | -0,024 | 683 | -17 | -0,18 |
| 12,2 | -0,221 | 703 | -167 | -0,33 |
| 12,8 | -0,342 | 742 | -274 | -0,45 |
| 13,3 | -0,399 | 789 | -339 | -0,59 |
| 13,8 | -0,479 | 849 | -439 | -0,67 |
| 14,3 | -0,566 | 905 | -553 | -0,85 |
| 14,8 | -0,581 | 940 | -590 | -0,85 |
| 15,4 | -0,616 | 995 | -661 | -0,91 |
| 15,9 | -0,661 | 1030 | -735 | -0,98 |
| 16,4 | -0,599 | 1052 | -680 | -0,92 |
| 16,9 | -0,501 | 1064 | -575 | -0,75 |
| 17,4 | -0,362 | 1071 | -418 | -0,59 |
| 17,9 | -0,019 | 1068 | -22 | -0,18 |
| 18,5 | 0,335 | 1066 | 385 | 0,48 |
| 19,0 | 0,608 | 1045 | 686 | 0,93 |

* vazão medida + estimativa de extrapolação até as margens.

Quadratura

Na desembocadura do canal Sul (**FIGURA 8.2.1-17**), as medições em maré de quadratura ocorreram no dia 08 de agosto de 2008, das 6,6 às 19,5 horas. O tempo de duração do ciclo foi de 12,5 horas. A estofa da preamar ocorreu às 9,5 horas, enquanto a estofa da baixa-mar foi às 15,6 horas. Ao estabelecer uma comparação com a condição da maré (**FIGURA 8.2.1-44**), houve uma defasagem entre os horários de estofa e as ocorrências da preamar e baixa-mar em cerca de meia hora.

O período de maré vazante apresentou uma duração de 6,06 horas; a velocidade média de vazante foi de 0,08 m/s; a velocidade média máxima foi de 0,16 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de 0,23 m/s; a vazão máxima foi de 159 m³/s, ocorrida às 11,3 horas. O período de maré enchente apresentou uma duração de 6,48 horas; a velocidade média de enchente foi de -0,08 m/s; a velocidade média máxima foi de -0,13 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de -0,22 m/s; a vazão máxima foi de -128 m³/s, ocorrida às 19,1 horas (**FIGURA 8.2.1-45 a**). A velocidade residual foi de 0,027 m/s, com valores positivos em toda a coluna d'água (**FIGURA 8.2.1- 45 b**).

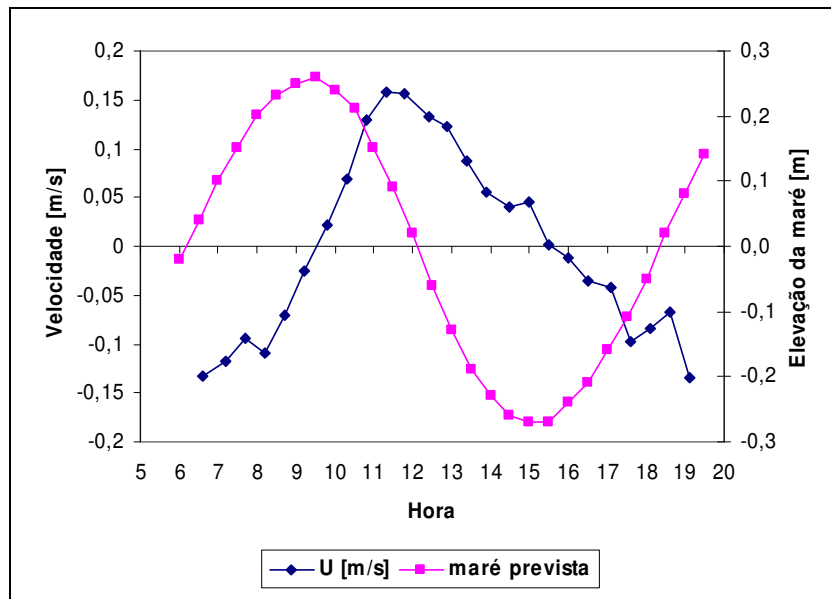


FIGURA 8.2.1-44 – Variação da velocidade média na seção transversal e elevação da maré prevista – Canal Sul - 9/08/2008 – quadratura – Inverno.

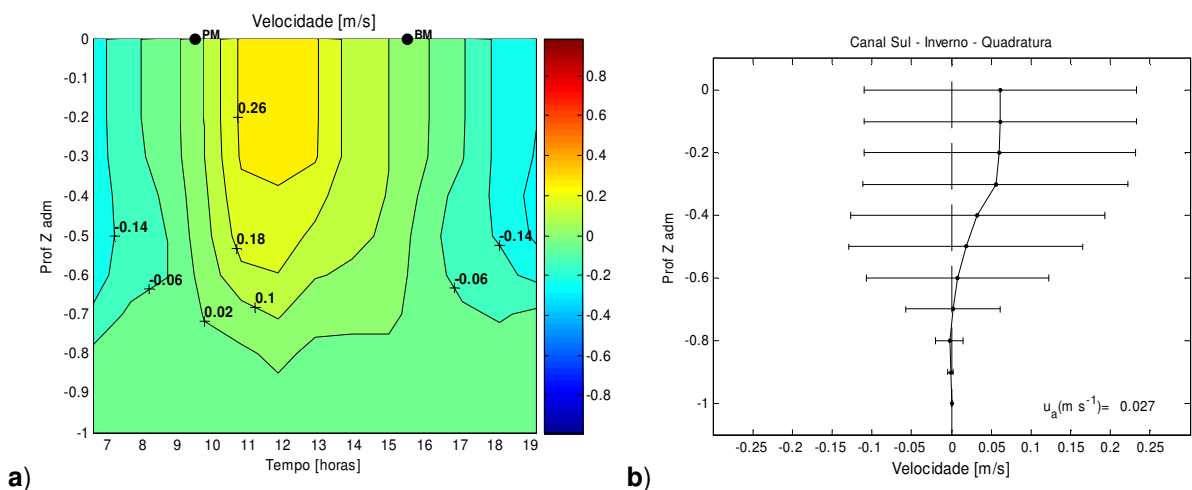


FIGURA 8.2.1-45 – Perfil hidrográfico: (a) variação temporal da velocidade e (b) velocidade residual com desvio padrão (barras horizontais) ao longo da coluna d'água – canal Sul – quadratura - Inverno.

Os campos de velocidade na seção transversal (**FIGURA 8.2.1-46**) mostraram as correntes na maré vazante próximas da margem esquerda (**FIGURA 8.2.1-46 a**), enquanto que na maré enchente (**FIGURA 8.2.1-46 b**) estão mais deslocadas na direção da margem direita.

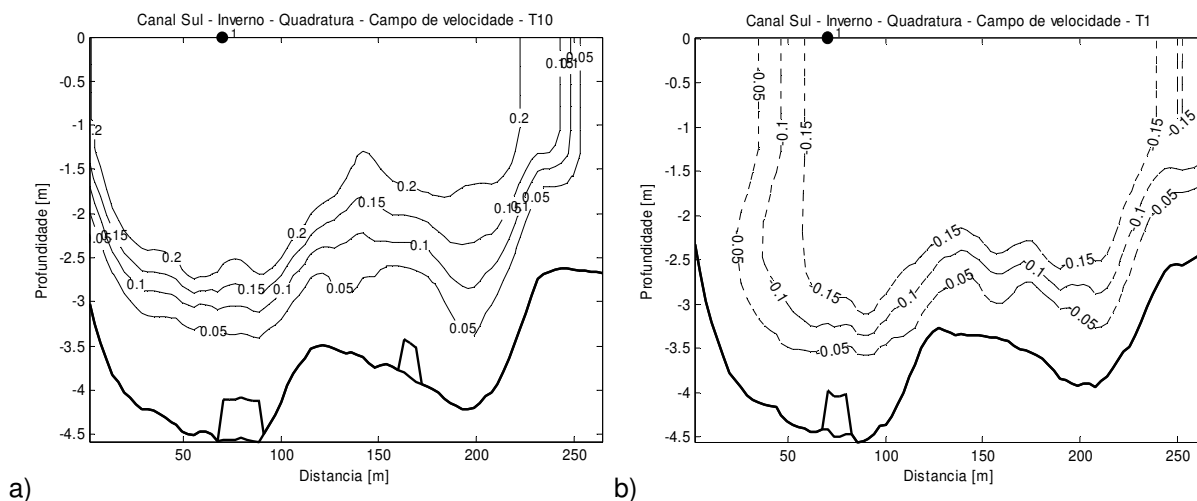


FIGURA 8.2.1-46 – Campo de velocidade: (a) vazante máxima e (b) enchente máxima – canal Sul – quadratura - Inverno.

Os valores da velocidade média na seção transversal (U), da área de escoamento, da vazão (Q) e da maior velocidade média vertical (\bar{u}_{max}) a cada meia hora de intervalo são apresentados na **TABELA 8.2.1-10**. A vazão considera o valor do percentual médio de extrapolação da vazão medida até as margens (5,4 %).

TABELA 8.2.1-10 - Velocidade média na seção transversal (U), área de escoamento, vazão (Q) e maior média vertical (\bar{u}_{max}) – canal Sul – quadratura - Inverno.

| Hora | U (m/s) | Área (m ²) | Q (m ³ /s)* | \bar{u}_{max} (m/s) |
|------|---------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| 6,5 | -0,132 | 971 | -135 | -0,22 |
| 7,0 | -0,117 | 993 | -122 | -0,21 |
| 7,5 | -0,094 | 1006 | -99 | -0,17 |
| 8,0 | -0,109 | 1022 | -117 | -0,20 |
| 8,5 | -0,070 | 1040 | -77 | -0,14 |
| 9,0 | -0,026 | 1040 | -29 | -0,10 |
| 9,5 | 0,022 | 1039 | 24 | 0,10 |
| 10,0 | 0,069 | 1032 | 75 | 0,12 |
| 10,5 | 0,129 | 1024 | 140 | 0,19 |
| 11,0 | 0,158 | 1007 | 168 | 0,23 |
| 11,5 | 0,156 | 992 | 163 | 0,22 |
| 12,0 | 0,133 | 975 | 136 | 0,18 |
| 12,5 | 0,123 | 951 | 123 | 0,17 |
| 13,0 | 0,088 | 935 | 87 | 0,13 |
| 13,5 | 0,055 | 922 | 53 | 0,10 |
| 14,0 | 0,040 | 907 | 38 | 0,09 |
| 14,5 | 0,045 | 894 | 43 | 0,08 |
| 15,0 | 0,002 | 890 | 1 | -0,08 |
| 15,5 | -0,011 | 912 | -10 | -0,06 |
| 16,0 | -0,036 | 915 | -34 | -0,08 |
| 16,5 | -0,042 | 915 | -41 | -0,09 |
| 17,0 | -0,097 | 940 | -96 | -0,14 |
| 17,4 | -0,084 | 951 | -84 | -0,19 |
| 17,9 | -0,067 | 959 | -67 | -0,12 |
| 18,4 | -0,134 | 959 | -135 | -0,22 |

* vazão medida + estimativa de extrapolação até as margens.

Desta maneira, embora de magnitude semelhante, as correntes na vazante foram um pouco superiores as de enchente. Como o tempo de enchente foi maior que o de vazante, verificou-se uma assimetria de duração, com fator $t_e/t_v = 1,07$. O volume do prisma da vazão foi estimado em 1,61 milhões de m³, com um erro

estimado em 19 %. O estuário, com uma vazão residual positiva (5,5 m³/s), caracterizou-se pela exportação de materiais neste ciclo de maré.

Correntes – Canal Norte

Sizígia

Na desembocadura do canal Norte (**FIGURA 8.2.1-18**), as medições em maré de sizígia ocorreram no dia 03 de agosto de 2008, das 6 às 19 horas. O tempo de duração do ciclo foi de 12,4 horas, estimada em função da equivalência de vazões de início e próximo ao final do monitoramento. A estofa da preamar ocorreu às 6 horas, enquanto que a estofa da baixa-mar foi às 12,5 horas. Em comparação com a condição da maré prevista (**FIGURA 8.2.1-47**), assim como no canal Sul, houve uma defasagem entre os horários de estofa e as ocorrências da preamar e baixa-mar em cerca de uma hora e meia.

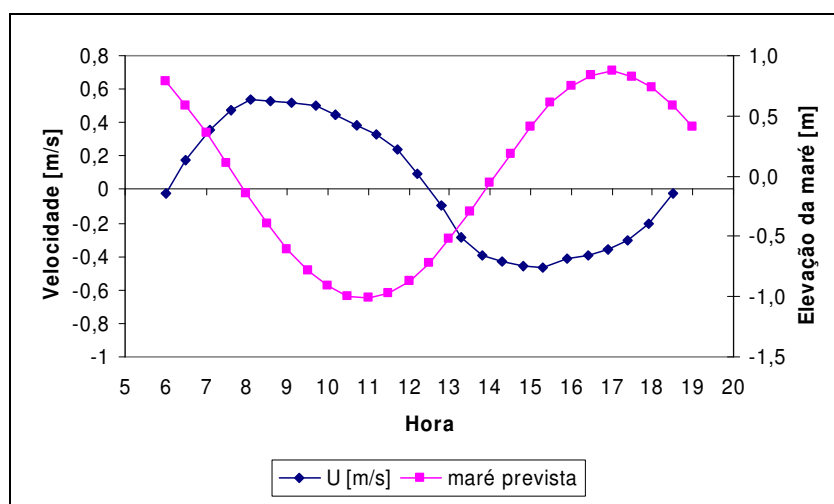


FIGURA 8.2.1-47 – Variação da velocidade média na seção transversal e elevação da maré prevista – canal Norte - 03/08/2008 – sizígia - Inverno.

O período de maré vazante apresentou uma duração de 6,4 horas; a velocidade média de vazante foi de 0,38 m/s; a velocidade média máxima foi de 0,54 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de 0,90 m/s; a vazão máxima foi de 569

m³/s, ocorrida às 8,1 horas. O período de maré enchente apresentou uma duração de 6 horas; a velocidade média de enchente foi de -0,30 m/s; a velocidade média máxima foi de -0,46 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de -0,63 m/s; a vazão máxima foi de -520 m³/s, ocorrida às 15,3 horas (**FIGURA 8.2.1-48 a**). A velocidade residual foi de 0,04 m/s, na posição do perfil hidrográfico, com valores positivos em toda a coluna d'água (**FIGURA 8.2.1-48 b**).

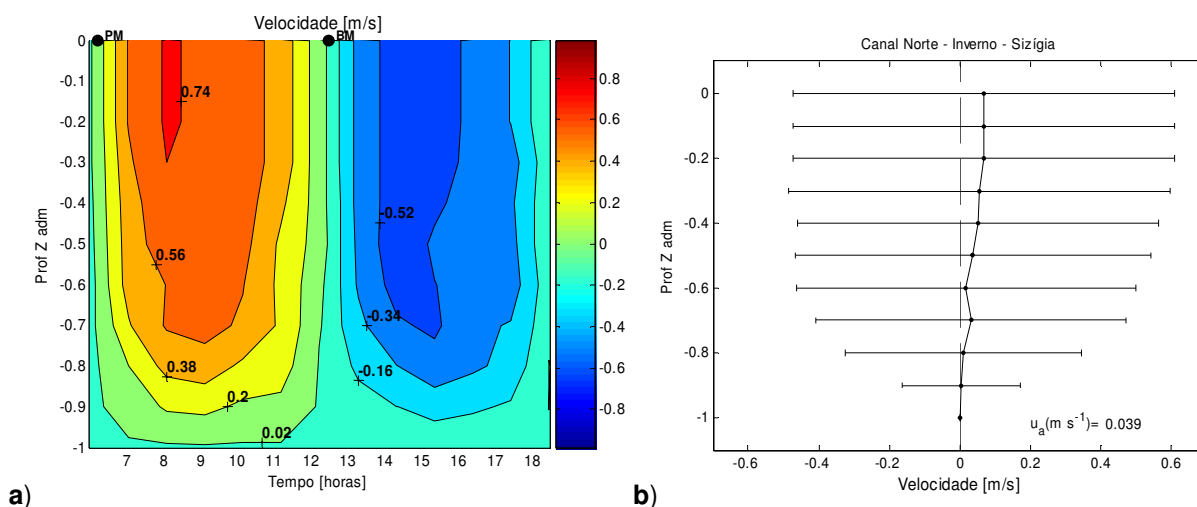


FIGURA 8.2.1-48 – Perfil hidrográfico: (a) variação temporal da velocidade e (b) velocidade residual com desvio padrão (barras horizontais) ao longo da coluna d'água – canal Norte – sizígia - Inverno.

A **TABELA 8.2.1-11** mostra os valores característicos do ciclo da maré de sizígia no canal Norte.

TABELA 8.2.1-11 - Resumo com os valores característicos dos ciclos monitorados no canal Norte - Inverno.

| | <i>Sizígia</i> | <i>Quadratura</i> |
|-----------------------------------------|----------------|-------------------|
| Hora de início da medição | 6,0 | 6,5 |
| Hora do fim da medição | 19,0 | 19,5 |
| Duração do ciclo [horas] | 12,4 | 12,9 |
| Estofa da baixa-mar | 12,5 | 18,0 |
| Estofa da preamar | 6,1 | 11,2 |
| Tempo de vazante (tv) [horas] | 6,4 | 6,78 |
| Vel média na vazante – U [m/s] | 0,38 | 0,08 |
| Vel U máxima [m/s] | 0,54 | 0,13 |
| Vel média na vertical - máxima [m/s] | 0,90 | 0,17 |
| Vazão máxima – Qmax [m ³ /s] | 569,3 | 137,3 |
| Hora da Qmax | 8,1 | 14,1 |
| Tempo de enchente (te) [horas] | 6,02 | 6,1 |
| Vel média na enchente - U [m/s] | -0,30 | -0,08 |
| Vel U máxima [m/s] | -0,46 | -0,13 |
| Vel média na vertical - máxima [m/s] | -0,63 | -0,19 |
| Vazão máxima – Qmax [m ³ /s] | -519,8 | -131,4 |
| Hora da Qmax | 15,3 | 8,7 |
| te/tv | 0,94 | 0,9 |
| Prisma – P [m ³] | 7763767 | 1850004 |
| Prisma - erro [%] | 19,8 | 15,8 |
| Vazão Residual [m ³ /s] | 12,4 | 5,8 |

Os campos de velocidade na seção transversal mostraram distribuições de velocidade diferenciadas nas marés de enchente e de vazante para os momentos de vazão máxima (**FIGURA 8.2.1-49**). Na maré enchente houve concentração de maior velocidade próxima à margem esquerda (**FIGURA 8.2.1-49 a**), e, por outro lado, na maré vazante as maiores correntes ficaram distribuídas no centro da seção e junto da margem direita (**FIGURA 8.2.1-49 b**). Desta maneira, o campo de velocidade residual foi positivo na maior parte da seção transversal (**FIGURA 8.2.1-49 c**).

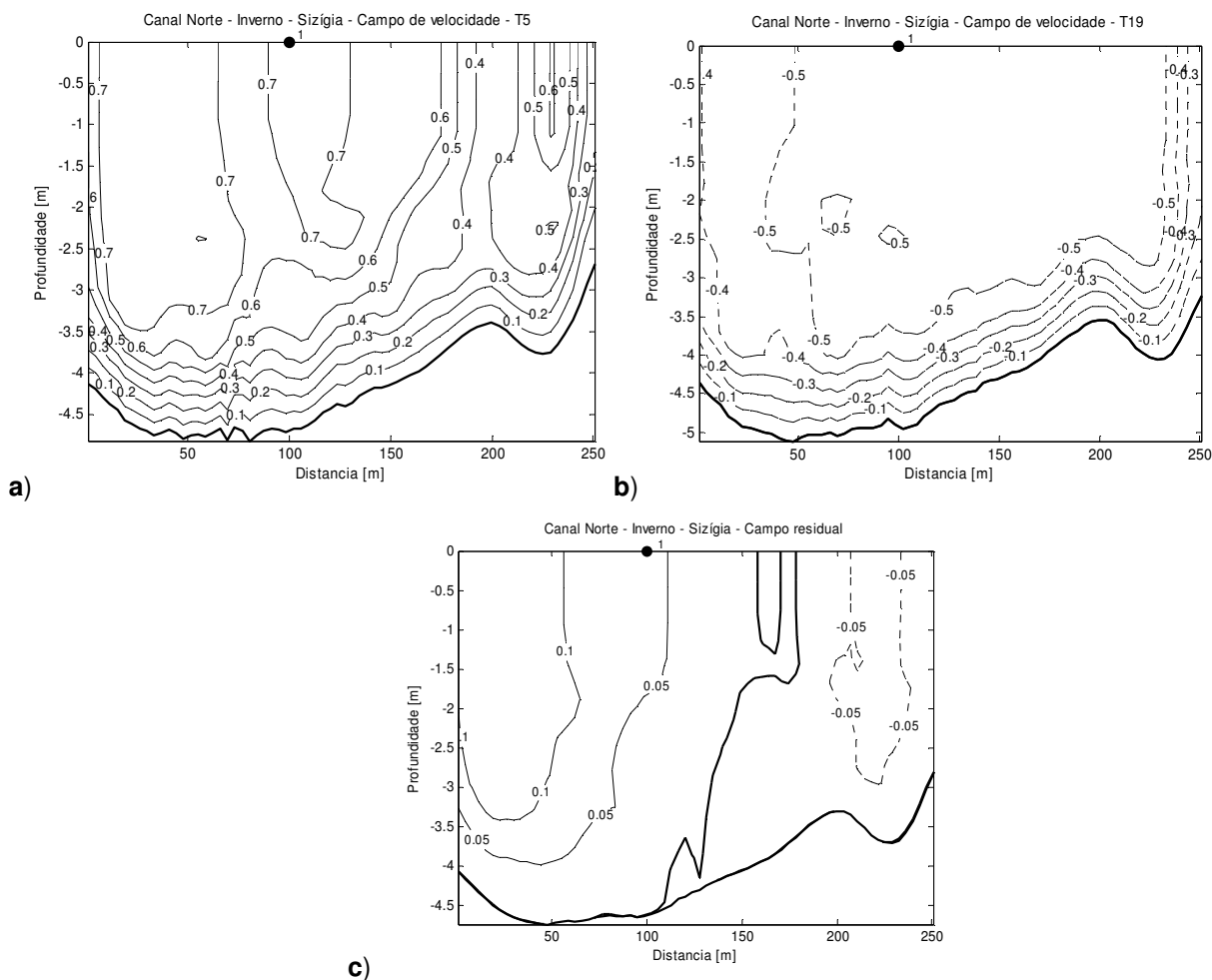


FIGURA 8.2.1-49 – Campo de velocidade: (a) vazante máxima; (b) enchente máxima; (c) residual – canal Norte – sizígia - Inverno.

As correntes na maré vazante foram um pouco superiores as de enchente. O tempo de maré enchente foi menor que de vazante, resultando no fator $t_e/t_v = 0,94$. O volume do prisma da vazão foi estimado em 7,76 milhões de m^3 , com um erro estimado em 20 %. Com uma vazão residual negativa ($-12,4 m^3/s$), o estuário caracterizou-se por importar materiais neste ciclo de maré.

A síntese dos valores da velocidade média na seção transversal (U), da área de escoamento, da vazão (Q) e da maior média vertical (\bar{u}_{max}), a cada meia hora de intervalo, consta na **TABELA 8.2.1-12**. A vazão considera o valor do percentual médio de extrapolação da vazão medida até as margens (3,6 %).

TABELA 8.2.1-12 - Velocidade média na seção transversal (U), área de escoamento, vazão (Q) e maior média vertical (\bar{u}_{max}) – canal Norte – sizígia - Inverno.

| Hora | U (m/s) | Área (m ²) | Q (m ³ /s)* | \bar{u}_{max} (m/s) |
|------|---------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| 6,0 | -0,026 | 1242 | -33 | -0,11 |
| 6,5 | 0,177 | 1207 | 221 | 0,26 |
| 7,1 | 0,356 | 1160 | 428 | 0,51 |
| 7,6 | 0,471 | 1110 | 542 | 0,69 |
| 8,1 | 0,537 | 1060 | 590 | 0,90 |
| 8,6 | 0,531 | 1017 | 559 | 0,83 |
| 9,1 | 0,518 | 976 | 523 | 0,78 |
| 9,7 | 0,500 | 933 | 483 | 0,76 |
| 10,2 | 0,446 | 894 | 413 | 0,71 |
| 10,7 | 0,381 | 858 | 339 | 0,70 |
| 11,2 | 0,329 | 825 | 281 | 0,63 |
| 11,7 | 0,238 | 802 | 198 | 0,47 |
| 12,2 | 0,095 | 799 | 78 | 0,27 |
| 12,8 | -0,096 | 824 | -82 | -0,20 |
| 13,3 | -0,287 | 865 | -257 | -0,33 |
| 13,8 | -0,395 | 921 | -376 | -0,49 |
| 14,3 | -0,427 | 981 | -434 | -0,63 |
| 14,8 | -0,459 | 1052 | -500 | -0,59 |
| 15,3 | -0,463 | 1123 | -538 | -0,59 |
| 15,9 | -0,412 | 1174 | -500 | -0,56 |
| 16,4 | -0,396 | 1212 | -497 | -0,59 |
| 16,9 | -0,360 | 1243 | -464 | -0,48 |
| 17,4 | -0,307 | 1251 | -397 | -0,48 |
| 17,9 | -0,208 | 1248 | -269 | -0,37 |
| 18,5 | -0,025 | 1216 | -32 | -0,22 |

* vazão medida + estimativa de extrapolação até as margens.

Quadratura

Na desembocadura do canal Norte (**FIGURA 8.2.1-18**), as medições em maré de quadratura ocorreram no dia 10 de agosto de 2008, das 6,5 às 19,5 horas. O tempo de duração do ciclo foi de 12,9 horas. A estofa da preamar ocorreu às 11,2 horas, enquanto que a estofa da baixa-mar foi às 18 horas. Em comparação com a condição da maré prevista (**FIGURA 8.2.1-50**), assim como no canal Sul, houve uma defasagem entre os horários de estofa e as ocorrências da preamar e baixa-mar em cerca de meia hora.

O período de maré vazante apresentou uma duração de 6,8 horas; a velocidade média de vazante foi de 0,08 m/s; a velocidade média máxima foi de 0,13 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de 0,17 m/s; a vazão máxima foi de 137 m³/s, ocorrida às 14,1 horas. O período de maré enchente apresentou uma duração de 6,1 horas; a velocidade média de enchente foi de -0,08 m/s; a velocidade média máxima foi de -0,13 m/s; a máxima velocidade média na vertical foi de -0,19 m/s; a vazão máxima foi de -131 m³/s, ocorrida às 8,7 horas (**FIGURA 8.2.1-51 a**). A velocidade residual foi de 0,012 m/s, com valores positivos na camada superior da coluna d'água e valores negativos na camada inferior, assim como no canal Sul, mostrou uma característica típica de circulação gravitacional (**FIGURA 8.2.1-51 b**).

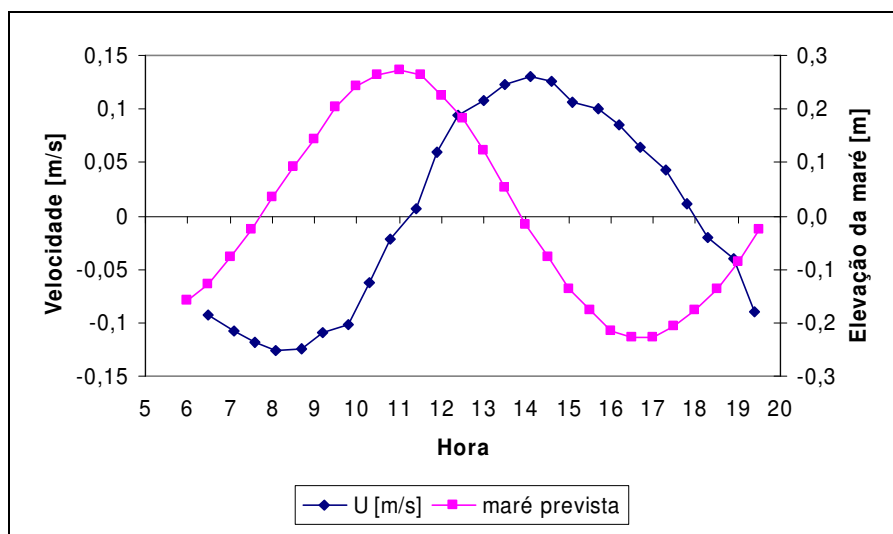


FIGURA 8.2.1-50 – Variação da velocidade média na seção transversal e elevação da maré prevista – Canal Norte – 10/08/2008 – quadratura - Inverno.

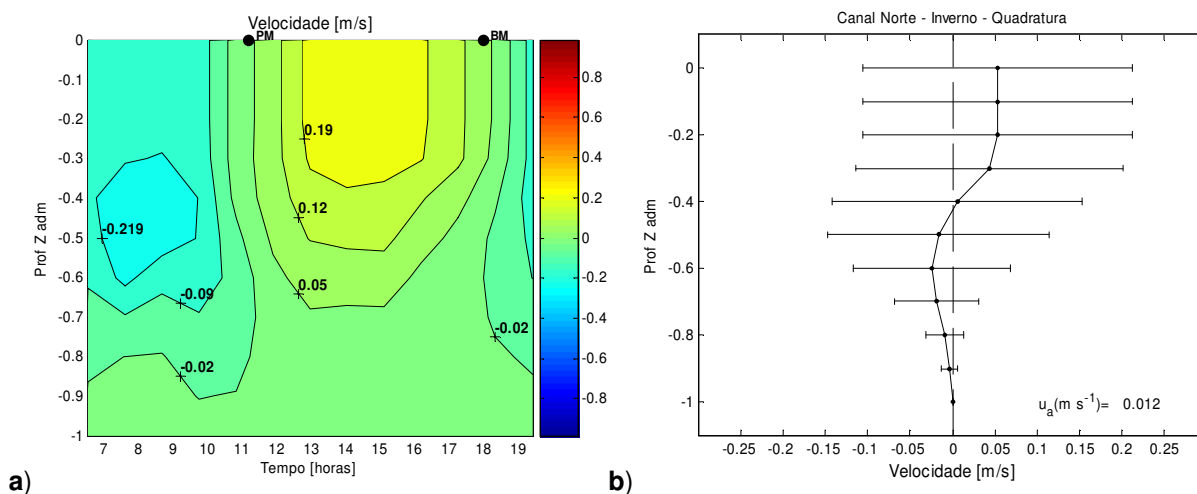


FIGURA 8.2.1-51 – Perfil hidrográfico: (a) variação temporal da velocidade e (b) velocidade residual com desvio padrão (barras horizontais) ao longo da coluna d'água – canal Norte – quadratura - Inverno.

Os campos de velocidade na seção transversal mostraram distribuições de velocidade um pouco diferenciadas nas marés de enchente e de vazante para os momentos de vazão máxima (**FIGURA 8.2.1-52**). Na maré enchente houve a concentração de maior velocidade próxima à margem esquerda (**a**), enquanto na maré vazante as maiores correntes ficaram junto da margem direita (**b**).

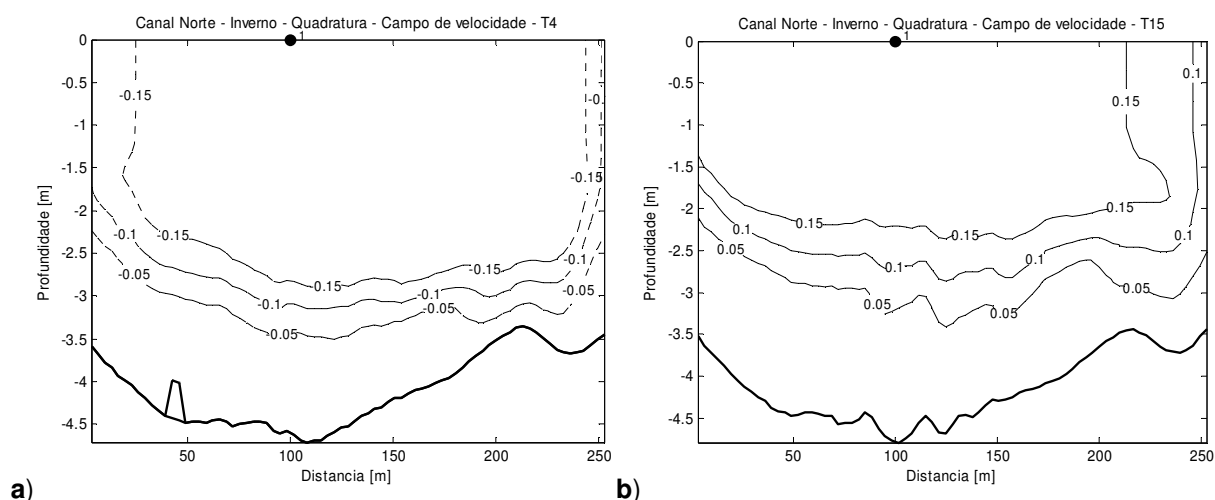


FIGURA 8.2.1-52 – Campo de velocidade: (a) enchente máxima e (b) vazante máxima – canal Norte – quadratura - Inverno.

Neste ciclo de quadratura no canal Norte, as correntes na vazante foram um pouco superiores as de enchente. Como o tempo de enchente foi menor que de vazante, verificou-se uma assimetria de duração, com fator $t_e/t_v = 0,9$. O volume do prisma da vazão foi estimado em 1,85 milhões de m^3 , com um erro estimado em 16%. O estuário, com uma vazão residual positiva ($5,8 m^3/s$), caracterizou-se por exportar materiais neste ciclo de maré.

A síntese dos valores da velocidade média na seção transversal (U), da área de escoamento, da vazão (Q) e da maior média vertical (\bar{u}_{max}) a cada meia hora de intervalo são apresentados na **TABELA 8.2.1-13**. A vazão considera o valor do percentual médio de extrapolação da vazão medida até as margens (4%).

TABELA 8.2.1-13 - Velocidade média na seção (U), área de escoamento, vazão (Q) e maior média vertical (\bar{u}_{max}) – canal Norte – quadratura - Inverno.

| Hora | U (m/s) | Área (m ²) | Q (m ³ /s) | \bar{u}_{max} (m/s) |
|------|---------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 6,5 | -0,09 | 990 | -95 | 0,34 |
| 7,1 | -0,11 | 1004 | -113 | 0,54 |
| 7,6 | -0,12 | 1019 | -125 | 0,78 |
| 8,1 | -0,13 | 1038 | -136 | 0,81 |
| 8,7 | -0,12 | 1058 | -137 | 0,88 |
| 9,2 | -0,11 | 1073 | -123 | 0,83 |
| 9,8 | -0,10 | 1090 | -115 | 0,78 |
| 10,3 | -0,06 | 1095 | -72 | 0,66 |
| 10,8 | -0,02 | 1099 | -25 | 0,58 |
| 11,4 | 0,01 | 1103 | 9 | 0,48 |
| 11,9 | 0,06 | 1092 | 68 | 0,31 |
| 12,4 | 0,09 | 1089 | 106 | 0,10 |
| 13,0 | 0,11 | 1082 | 121 | -0,27 |
| 13,5 | 0,12 | 1068 | 137 | -0,50 |
| 14,1 | 0,13 | 1049 | 143 | -0,61 |
| 14,6 | 0,13 | 1035 | 136 | -0,69 |
| 15,1 | 0,11 | 1024 | 113 | -0,66 |
| 15,7 | 0,10 | 1011 | 106 | -0,63 |
| 16,2 | 0,09 | 1000 | 88 | -0,64 |
| 16,7 | 0,06 | 994 | 66 | -0,64 |
| 17,3 | 0,04 | 990 | 44 | -0,58 |
| 17,8 | 0,01 | 994 | 13 | -0,44 |
| 18,3 | -0,02 | 1003 | -21 | -0,32 |
| 18,9 | -0,04 | 1012 | -42 | -0,13 |
| 19,4 | -0,09 | 1025 | -95 | 0,31 |

Salinidade – Canal Sul

Sizígia

Em maré de sizígia, com energia da maré suficiente para misturar toda coluna d'água, quase não houve variação vertical da salinidade (**FIGURA 8.2.1-53**). No entanto, apresentou variação temporal, com valor mínimo de 32,3 na baixa-mar e o máximo de 36,5 na preamar, sendo que a média geral foi de 35,3. A salinidade média na vertical variou de 32,5 a 36,4.

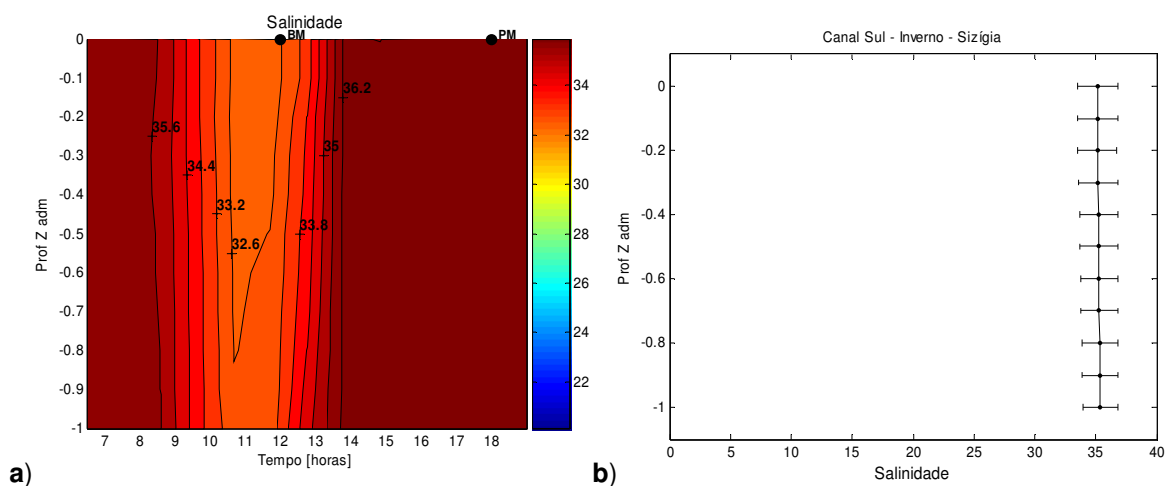


FIGURA 8.2.1-53 – Salinidade: a) variação temporal na coluna d'água; b) perfil vertical médio e desvio padrão da variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Sul – sizígia - Inverno.

Quadratura

Em maré de quadratura, a salinidade oscilou entre o valor mínimo de 31,3, na baixa-mar, e o máximo de 36,7, próximo da preamar (**FIGURA 8.2.1-54 a**), sendo que a média geral foi de 35,1. A salinidade média na vertical variou de 33,1 a 36,6. Durante a maré vazante a salinidade apresentou variação na vertical, crescente da superfície para o fundo, refletindo-se sobre o perfil médio de salinidade do ciclo completo (**FIGURA 8.2.1-54 b**). Tal fato decorre das baixas correntes e pouca energia para mistura de toda coluna d'água, bem como de algum provável aporte

fluvial. Próximo à estufa da baixa-mar (15,6 horas) ocorreu a maior diferença entre a salinidade na superfície e no fundo (4,6).

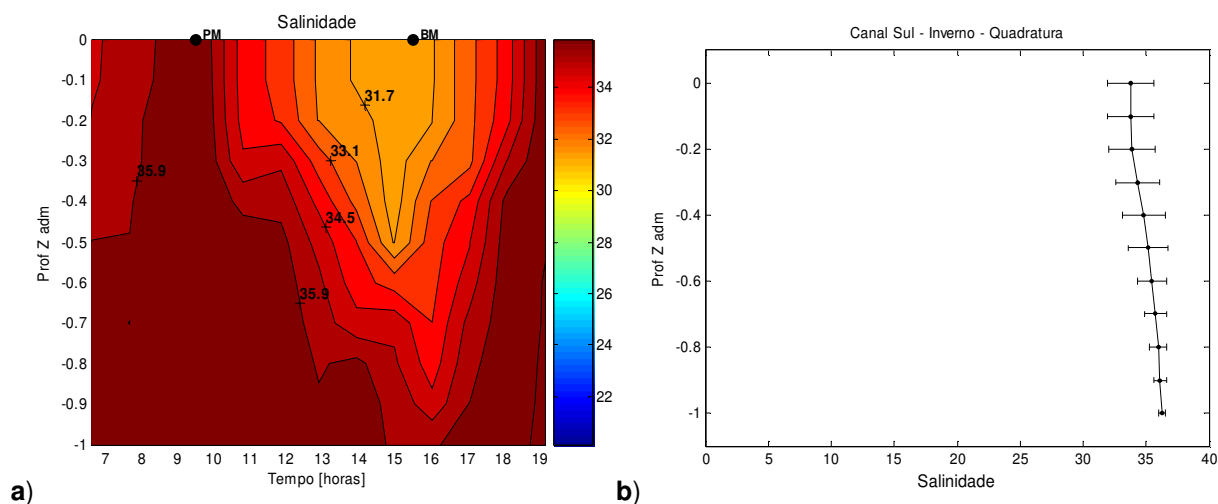


FIGURA 8.2.1-54 – Salinidade: a) variação temporal na coluna d’água; b) perfil vertical médio e desvio padrão da variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Sul – quadratura - Inverno.

Salinidade – Canal Norte

Sizígia

Em maré de sizígia, assim como no canal Sul, quase não houve variação da salinidade na vertical (**FIGURAS 8.2.1-55 a e 8.2.1-55 b**). Ao longo do ciclo essa variável oscilou entre 29,9 na baixa-mar e o 36,6 próximo da preamar, sendo que a média geral foi de 34,9.

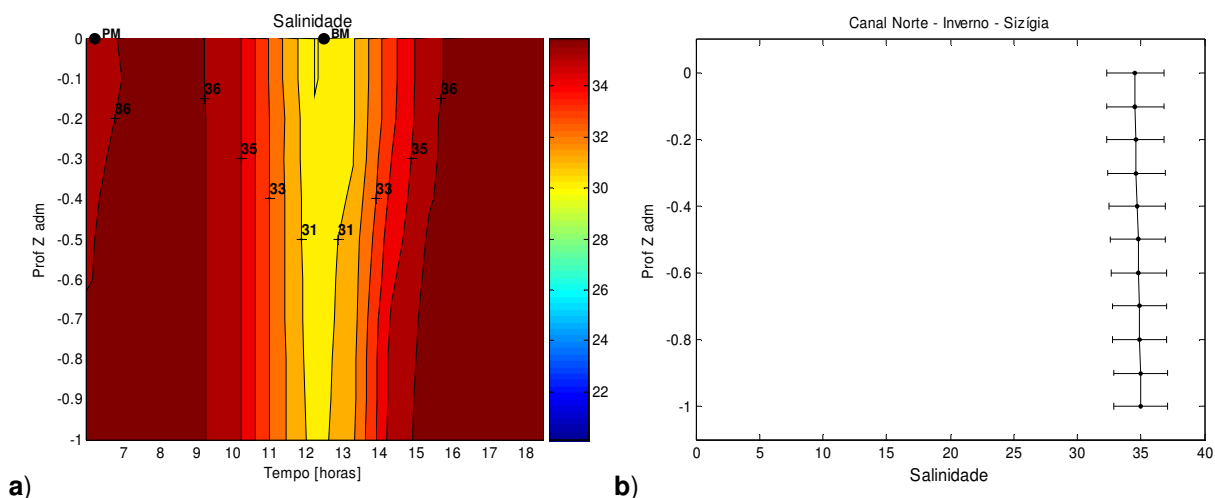


FIGURA 8.2.1-55 – Salinidade: a) variação temporal na coluna d’água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Norte – sizígia - Inverno.

Quadratura

Em maré de quadratura, a salinidade oscilou entre o valor mínimo de 25,5 – após a baixa-mar, próximo da superfície – e o máximo de 35,5 – após a preamar, junto ao fundo (**FIGURA 8.2.1-56 a**), sendo que a média geral ficou igual a 32,4. A salinidade média na vertical variou de 29,5 a 34,5. Ao longo de todo o ciclo de maré, a variação da salinidade na vertical no canal Norte (**FIGURA 8.2.1-56 b**) foi mais acentuada do que aquela do canal Sul (**FIGURA 8.2.1-54 b**), indicando maior contribuição de água doce. Logo após a estofa da preamar (12 horas) ocorreu a menor diferença entre a salinidade na superfície e no fundo (7,2), enquanto que no entorno da estofa da baixa-mar (18 horas) foi verificado uma diferença de 10,9.

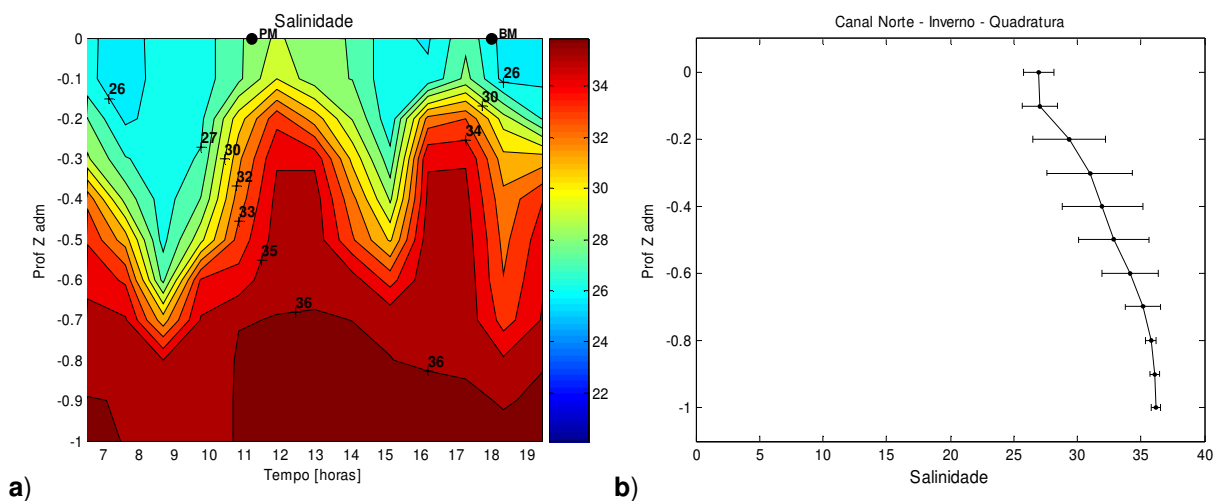


FIGURA 8.2.1-56 – Salinidade: a) variação temporal na coluna d’água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Norte – quadratura - Inverno.

Temperatura – Canal Sul

Sizígia

Em maré de sizígia a variação vertical da temperatura foi pequena (**FIGURA 8.2.1-57 a e 8.2.1-57 b**). Ao longo do ciclo da maré, ela oscilou entre o valor mínimo de 24,2°C – após a estofa da preamar – e o máximo de 25,3°C (após a estofa da baixa-mar), sendo que a média geral foi de 24,7°C.

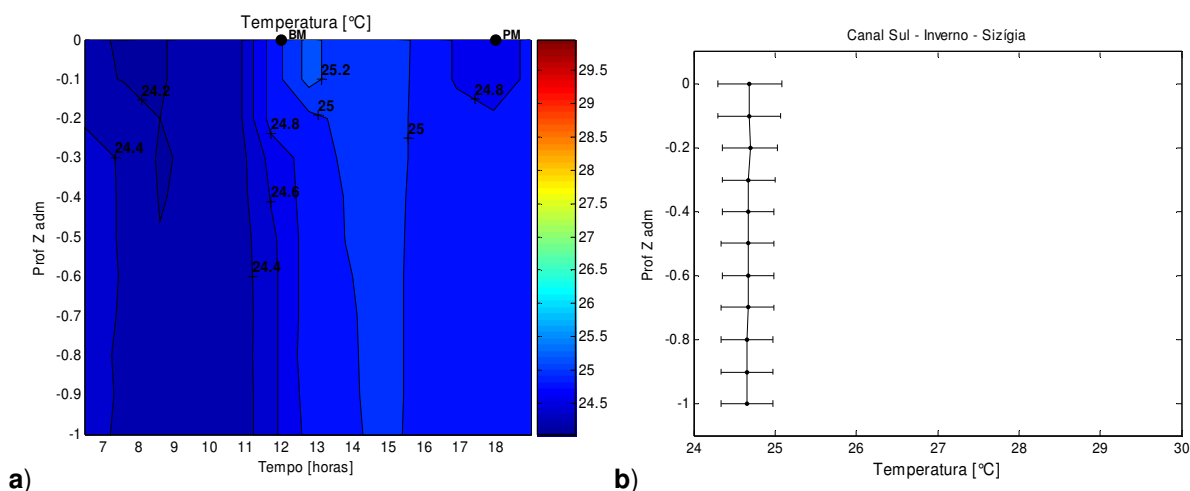


FIGURA 8.2.1-57 – Temperatura: a) variação temporal na coluna d’água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Sul – sizígia - Inverno.

Quadratura

A temperatura na maré de quadratura oscilou entre o valor mínimo de 24,2°C, antes estofa da preamar, e o máximo de 27,1°C, junto à estofa da baixa-mar (**FIGURA 8.2.1-58a**), sendo que a média geral ficou igual a 25,8°C. O perfil vertical mostrou decréscimo de temperatura da superfície para o fundo (**FIGURA 8.2.1-58b**).

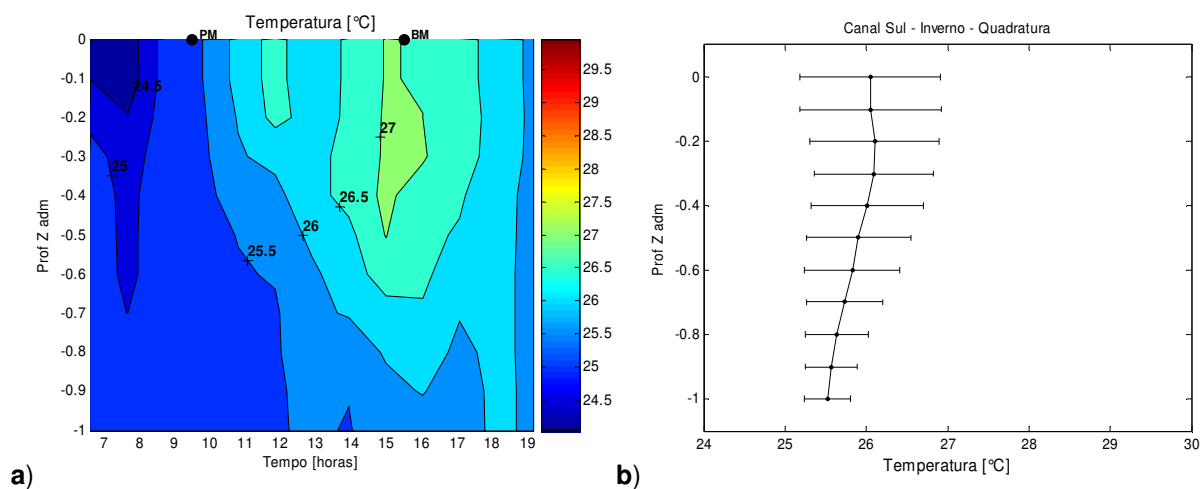


FIGURA 8.2.1-58 – Temperatura: a) variação temporal na coluna d’água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Sul – quadratura - Inverno.

Temperatura – Canal Norte

Sizígia

A temperatura na maré de sizígia no Canal Norte oscilou entre o valor mínimo de 24°C, na preamar, e o máximo de 26,2°C, próximo à baixa-mar, ambos extremos ocorrendo na camada superficial. A temperatura média geral foi de 25,2°C. Em relação ao canal Sul (**FIGURA 8.2.1-57 b**), a temperatura no canal Norte foi um pouco maior (0,9°C), principalmente após a estofa da baixa-mar (**FIGURA 8.2.1-59 a**).

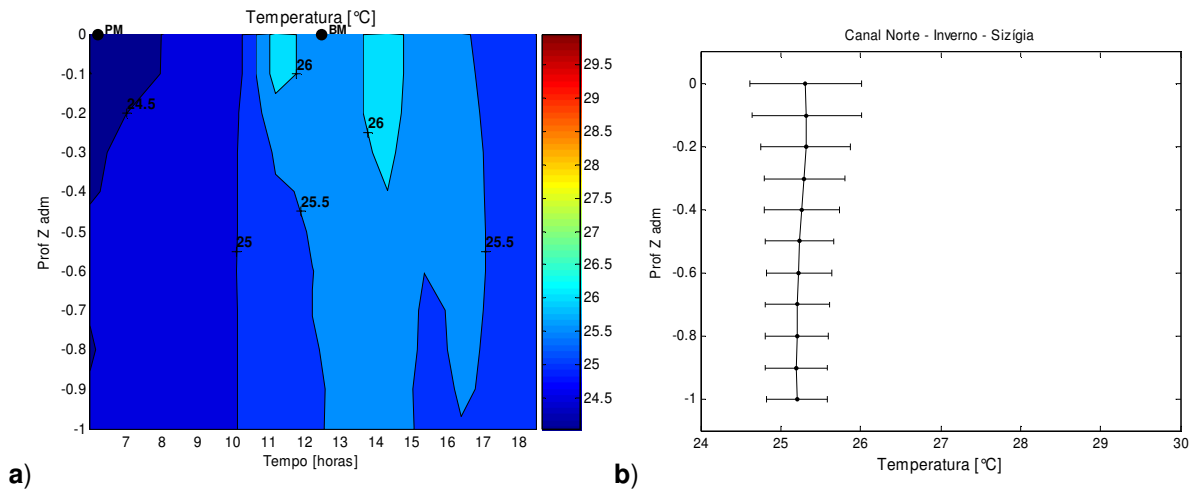


FIGURA 8.2.1-59 – Temperatura: a) variação temporal na coluna d’água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Norte – sizígia - Inverno.

Quadratura

A temperatura apresentou o valor mínimo de 24,9°C, após a estofa da baixa-mar, e o máximo de 27,7°C, logo após a estofa da baixa-mar (**FIGURA 8.2.1-60 a**) – ambos na camada superficial. A temperatura média geral foi de 26,3°C. O perfil vertical mostrou decréscimo de temperatura da superfície para o fundo (**FIGURA 8.2.1-60 b**).

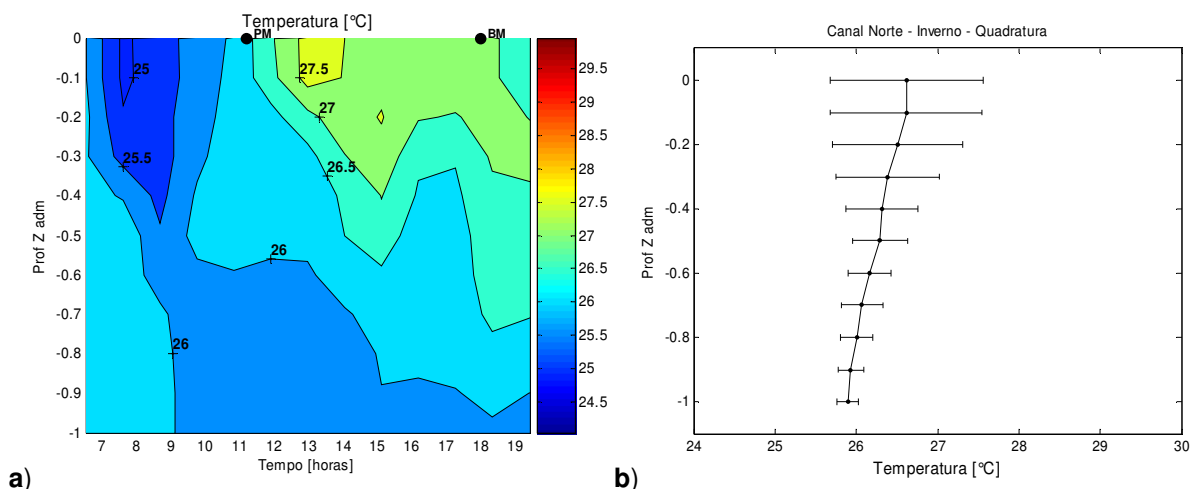


FIGURA 8.2.1-60 – Temperatura: a) variação temporal na coluna d’água; b) perfil vertical médio e desvio padrão de variação na profundidade Z adimensional (Zadm) – canal Norte – quadratura - Inverno.

CLASSIFICAÇÃO

A classificação do estuário da Ilha de Comandatuba foi definida através dos dados de salinidade e de correntes, segundo o diagrama de estratificação-circulação proposto por Hansen e Rattray (1966).

O diagrama de estratificação-circulação utiliza dois parâmetros: 1) $\delta S / S$ é correspondente ao parâmetro de estratificação (p_e); e 2) u_s / u_f correspondente ao parâmetro de circulação (p_c); onde, δS é a diferença entre a salinidade do fundo e da superfície; S = salinidade média; u_s = velocidade média na superfície e u_f = velocidade fluvial ou residual (média).

Canal Sul

Na maré de sizígia o canal Sul ficou classificado como tipo 1a - bem misturado ($p_e = 0,007$ e $p_c = 1,27$) (**FIGURA 8.2.1-61 a**); enquanto na maré de quadratura esse canal ficou classificado como tipo 2a, isto é, parcialmente misturado e de fraca estratificação ($p_e = 0,07$ e $p_c = 2,3$) (**FIGURA 8.2.1-61 b**).

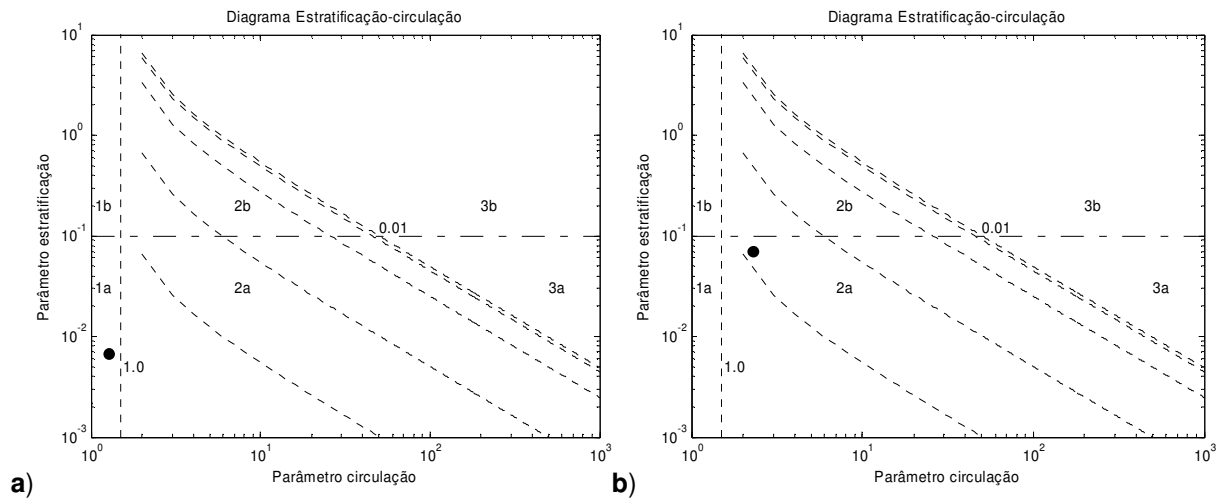


FIGURA 8.2.1-61 – Diagrama de Estratificação-circulação – canal Sul: a) sizígia e b) quadratura - Inverno.

Canal Norte

O Canal Norte, na maré de sizígia, o canal Norte passou para a classe do tipo 1a - bem misturado ($p_e = 0,012$ e $p_c = 1,8$); já na maré de quadratura, ficou classificado como tipo 2b - parcialmente misturado – altamente estratificado ($p_e = 0,28$ e $p_c = 4,8$), como é possível observar nas **FIGURAS 8.2.1-62 a e b**, respectivamente.

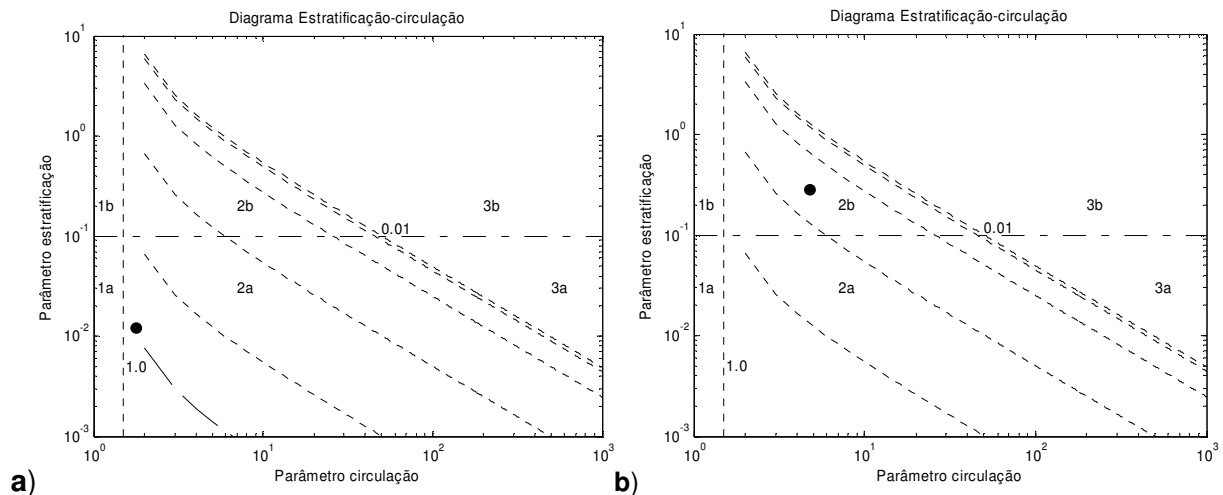


FIGURA 8.2.1-62 – Diagrama de Estratificação-circulação – canal Norte: a) sizígia e b) quadratura - Inverno.

8.2.1.5.4. Conclusões e Recomendações

Na campanha de inverno, as condições em maré de sizígia, nos dias 2 e 3 de agosto (altura prevista de 2,1 m), e em maré de quadratura, nos dias 9 e 10 de agosto (altura de 0,53 m), foram bem representativas dos valores médios da altura da maré prevista para todo o ano de 2008. Em comparação à campanha realizada em março/abril passados, as correntes e as vazões foram inferiores tanto na maré de quadratura bem como na maré de sizígia. Em sizígia, a altura da maré prevista foi maior no outono, março/abril, (2,3 m e 2,2 m) do que no inverno (2,1 m), correspondendo, portanto, ao resultado esperado. Por outro lado, embora a maré de quadratura prevista para a campanha de inverno no canal Sul fosse igual àquela de março/abril (0,53 m), as correntes médias resultaram diferentes (0,16/-0,13 e 0,21/-0,17 m/s, respectivamente).

Quando comparados os dados de intensidade das correntes, em maré de quadratura em ambos os canais foi baixa, de magnitude equivalente, não superando 0,22 m/s no verão e 0,16 m/s no inverno (média na seção transversal). Tanto no verão, como no inverno, em maré de sizígia, com uma altura quatro vezes superior, as correntes aumentaram, atingindo valores absolutos de até 0,93 m/s e 0,76 m/s, respectivamente, no canal Sul. No canal Norte a velocidade média na seção transversal foi menor, chegando ao máximo de 0,6 m/s no verão e 0,54 m/s no inverno.

No caso do canal Norte, na maré de quadratura da campanha de março/abril, a salinidade mínima foi 21, enquanto na segunda campanha foi 25,5, indicando, dessa maneira, maior contribuição de água doce nos meses supramencionados. Destaca-se, ainda, diferença de cerca de 3 °C observada entre a temperatura média da campanha de março/abril (entre 28,1 °C e 29,2 °C) e dessa segunda campanha (entre 24,7 °C e 26,3 °C).

No inverno, em ambos os canais Sul e Norte da Ilha de Comandatuba, na maré de sizígia as condições de estratificação e circulação levaram a classificá-los no diagrama de Hansen e Rattray (**FIGURA 8.2.1-63**) como *tipo 1a* - bem misturado.

Na maré de quadratura, por sua vez, o canal Sul ficou na classe *tipo 2a* – parcialmente misturado – fracamente estratificado, diferente do canal Norte que obteve a classificação como *tipo 2b* parcialmente misturado, porém, altamente estratificado. Além disso, na maré de quadratura da campanha de março/abril o canal Sul foi classificado como *tipo 2b*, enquanto nesta ficou na classe *tipo 2a*, ou seja, houve redução da estratificação vertical. Nesse caso, deduz-se que em março/abril houve maior contribuição de água doce no canal Sul do que na presente campanha de inverno.

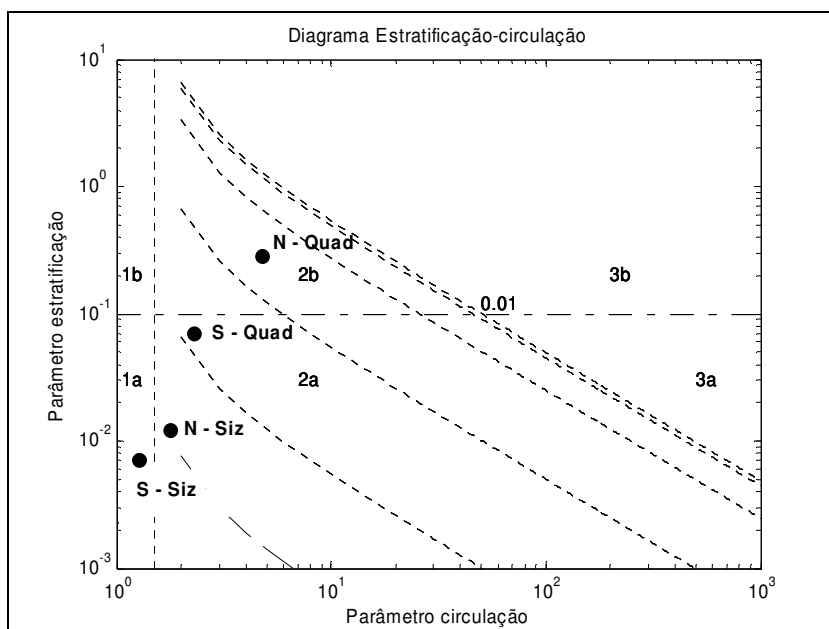


FIGURA 8.2.1-63 – Comparação da classificação do canal Sul (S) e Norte (N) – Ilha de Comandatuba, segundo o Diagrama de Estratificação-circulação. Quadratura (Quad) e Sizígia (Siz) - Inverno.

Outro aspecto que cabe destacar refere-se ao esporão arenoso no canal Sul que cresceu na direção sul e deixou a seção de medição mais abrigada. Não se observou alteração significativa nas correntes.

No canal Norte houve indícios de importante contribuição da água doce em ambas as campanhas, estampado na estratificação vertical na maré de quadratura. Neste sentido, para complementar o conhecimento da dinâmica referente a região

estuarina da Ilha de Comandatuba, sugere-se determinar o aporte de água doce aos canais e investigar o efeito de sua variação sobre as características do estuário.

Reforça-se a necessidade de investigar em trabalhos futuros a distribuição das variáveis hidrográficas (salinidade e temperatura) ao longo dos canais, incluindo-se os sedimentos em suspensão. Isto também permitirá identificar a extensão de penetração da cunha salina, que por sua vez tem influência no zoneamento da fauna e flora estuarinas.

8.2.2. Geologia e Geomorfologia

8.2.2.1 Geologia e Geomorfologia regional

De modo a oferecer uma visão mais ampliada do contexto onde a área de estudo está inserida, é feita inicialmente uma caracterização da geologia-geomorfologia dos municípios de Canavieiras, Santa Luzia e Una, ressaltando que, apenas, Canavieiras e Una representam a área de influência indireta da atividade.

8.2.2.1.1 Geomorfologia

Área Emersa

Na porção emersa dos municípios de Canavieiras, Santa Luzia e Una podem ser identificadas 3 províncias geomorfológicas, sustentadas por um arcabouço geológico constituído por litologias bastante contrastantes: (i) o Relevo Serrano, (ii) os Tabuleiros Costeiros e (iv) a Planície Quaternária (**FIGURA 8.2.2-1**).

Relevo Serrano

O relevo serrano é sustentado por rochas do embasamento Pré-Cambriano, incluindo os metassedimentos da Bacia Neoproterozóica do Rio Pardo. O relevo serrano alcança altitudes máximas de até 900 m, como ocorre no município de Una. Na maior parte da região as altitudes médias do relevo serrano se situam entre 100 e 200 m.

Tabuleiros Costeiros

Esta província ocupa uma porção expressiva da zona costeira e está situada entre o relevo serrano e a planície quaternária, sendo sustentada pelos sedimentos do Grupo Barreiras. Sua maior largura é verificada no município de Canavieiras, onde alcança até 15 km. Suas altitudes variam de pouco mais de 100 m – nas porções mais interiores junto ao relevo serrano – até aproximadamente 35 m, no contato com a planície quaternária. Os tabuleiros costeiros são intensamente dissecados por uma rede de drenagem dendrítica, principalmente no município de Una.

Planície Quaternária

A planície quaternária é uma unidade geomorfológica expressiva da região principalmente no município de Canavieiras. Neste trecho ocorre o delta / planície quaternária dos rios Jequitinhonha e Pardo, onde esta província geomorfológica alcança uma largura máxima de 25 km. Em direção ao norte a planície quaternária se estreita, como ocorre no município de Una. A planície quaternária compreende depósitos de origem marinha, fluvial e lagunar, além de inúmeras terras úmidas, que testemunham a complexa evolução geomorfológica da área no decorrer do Quaternário.

Área Submersa

A plataforma continental na região apresenta uma largura média que varia de 22 km no município de Una até 31 km em frente ao município de Canavieiras (**FIGURA 8.2.2-1**). Logo ao sul de Canavieiras, já fora da área de estudo, a plataforma continental se alarga bastante, formando o Banco Royal Charlotte resultado de atividade vulcânica durante o Paleoceno-Eoceno (Sztatimari *et al.* 2000)¹².

A declividade da plataforma continental varia de 0,1º a 0,3º. A primeira linha de quebra da plataforma ocorre entre as isóbatas de 45 e 50 m. As principais feições morfológicas neste trecho da plataforma são os canhões submarinos, com destaque particular para os canhões do Una e de Canavieiras (**FIGURA 8.2.2-1**). Diferentemente dos trechos da costa baiana situados à norte e a sul, recifes de corais não estão presentes ao longo da linha de costa.

¹² SZATMARI, P. CONCEIÇÃO, JCJ; DESTRO, N.; SMITH, P.E.; EVENSEN, N.M. YORK, D. 2000. Tectonic and sedimentary effects of a hotspot track of alkali intrusions defined by Ar-Ar dating in SE Brazil. In: International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro. Abstract Volume CD-ROM.

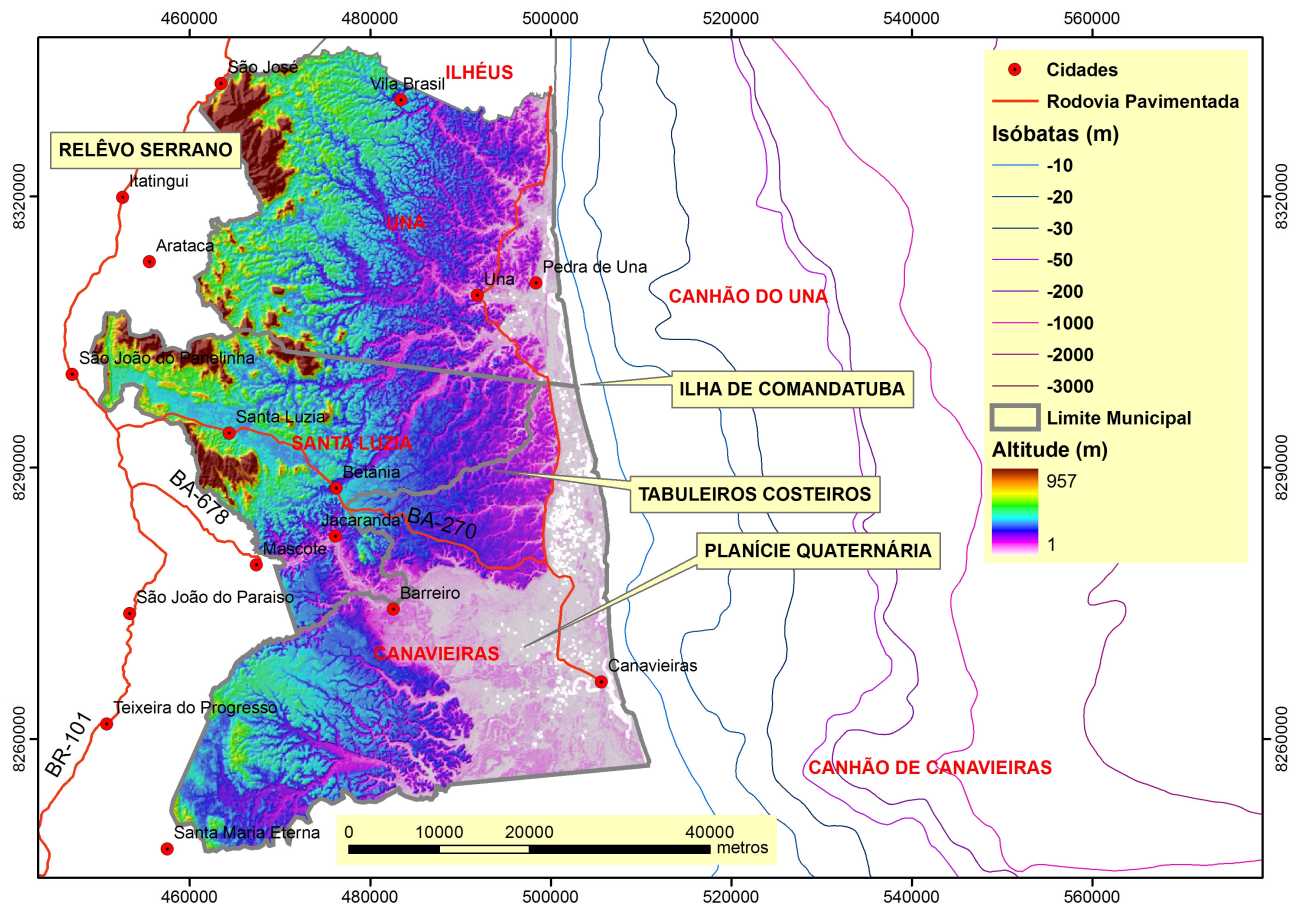


FIGURA 8.2.2-1 – Modelo numérico do terreno (SRTM) dos municípios de Canavieiras, Santa Luzia e Una, integrado à batimetria da região marinha confrontante, mostrando as principais feições da geomorfologia das áreas emersa e submersa.

8.2.2.1.2 Geologia

Na área emersa os principais tipos litológicos presentes podem ser agrupados em quatro províncias principais: (i) Embasamento Cristalino, (ii) Bacia Metassedimentar do Rio Pardo, (iii) Grupo Barreiras (Tb) e (iv) Depósitos Quaternários (**FIGURA 8.2.2-2**). A estas unidades geológicas da área emersa podem ser incorporados os sedimentos superficiais do fundo marinho que recobrem a plataforma continental da área de estudo.

Área Emersa

Embasamento Cristalino

O embasamento cristalino da região é parte integrante do Cráton do São Francisco e inclui uma única província principal: a parte sul do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaça de idade paleoproterozóica. A parte sul do orógeno pode ser chamada de Bloco Itabuna (Pedreira *et al.*, 1975)¹³ ou “Mobile Belt” da Costa Atlântica (Costa e Mascarenhas, 1982)¹⁴ ou ainda Domínio da Costa Atlântica (Barbosa, 1986¹⁵ e Figueirêdo, 1989¹⁶). Suas rochas são homogêneas, de cor cinza esverdeada e com textura variando de fina a média. Na maioria, são magmáticas, mas, como estão fortemente deformadas e recristalizadas na fácies granulito, em geral são muito difíceis de identificar seus protólitos, se vulcânicos ou plutônicos. Na área de estudo as seguintes litologias estão presentes:

Tonalitos/Trondhjemitos granulizados (Att1) – incluem metatonalitos / metatrandhjemitos deformados e metamorfizados na fácies granulito durante o ciclo geotectônico Transamazônico. São formados basicamente por quartzo e plagioclásio antiperfítico. O ortopiroxênio, presente em pequena quantidade, é do tipo hiperstênio.

Complexo Ibicaraí-Buerarema (Aib) – trata-se de um conjunto de rochas gnáissicas, granulizadas, essencialmente de origem plutônica, em que dominam metatonalitos e que também abriga corpos descontínuos de metanoritos, metagabro-noritos, metamonzodioritos, além de metatrandhjemitos (CPRM, 1997)¹⁷. Os metatonalitos são os litotipos de maior representatividade.

13 PEDREIRA, A.J., OLIVEIRA, J.E., SILVA, B.C.E. 1975. Projeto Bahia. Geologia da Bacia do Rio de Contas. Relatório Final. Salvador. CPRM.

14 COSTA, L.A.M., MASCARENHAS, J.F. 1982. The high-grade metamorphic terrains in the Mutuípe-Jequié, Archean-Central, Bahia. In: International Symposium on Archean and Early Proterozoic Geologic Evolution and Metalogenesis ISAP. Salvador. Abstracts and Excursions....Salvador, SME, 1:19-37

15 BARBOSA, J.S.F. 1986. Constitution lithologique et metamorphique de la region granulitique du Sul de Bahia – Brésil. Tese de Doutorado, Université Pierre et Marrie Curie, França.

16 FIGUEIRÊDO, M.C.H. 1989. Geochemical evolution of eastern Bahia, Brazil: a probable early proterozoic subduction – relation magmatic arc. Journal of the South American Earth Sciences, 2: 131-145.

17 CPRM, 1997. Programa Levantamento Geológicos Básicos do Brasil – Itabuna. Folha SD.24-Y-B-VI. Estado da Bahia. Escala 1:100.000. 276p.

Bacia Metassedimentar do Rio Pardo

A Bacia Metassedimentar do Rio Pardo está dividida em duas sub-bacias: a sub-bacia nordeste – que está depositada sobre a borda sudeste do Cráton do São Francisco – e a sub-bacia sudoeste – envolvida nos dobramentos da Faixa Araçuaí. O Grupo Rio Pardo que a preenche, compreende da base para o topo a Formação Panelinha, o Subgrupo Itaimbé (formações Camacã, Água Preta, Serra do Paraíso e Santa Maria Eterna) e a Formação Salobro, recobertas discordantemente pelo Grupo Barreiras e por sedimentos recentes (Pedreira, 1999)¹⁸. Na região estão presentes as formações Água Preta (Psap), Camacã (Pscá), Santa Maria Eterna (Psme) do Sub-Grupo Itaimbé, sobre o qual repousa discordantemente a Formação Salobro (Pssa). Os conglomerados desta formação (Pssa_cgl), de acordo com Karmann (1987)¹⁹, contêm clastos cuja composição é semelhante à das formações subjacentes, inclusive do embasamento Pré-Cambriano (Pedreira, 1999). A caracterização destas formações é apresentada abaixo (Pedreira, 1996²⁰ e 1999):

A Formação Camacã (Pscá) é constituída por argilitos e siltitos com intercalações de carbonato, como níveis e lentes. Seu acamamento é plano paralelo ou gradacional e as principais estruturas sedimentares são marcas onduladas, laminação cruzada e fendas de ressecamento.

A Formação Água Preta (Psap) apresenta como litologias predominantes filitos e siltitos. As principais estruturas sedimentares da formação são estratificações gradacionais, cruzadas acanaladas e marcas onduladas. Próximo à base da formação ocorrem lentes de carbonato.

A Formação Santa Maria Eterna (Psme) é constituída por arenitos ortoquartzíticos e níveis de conglomerado e carbonatos. As estruturas sedimentares encontradas

¹⁸ PEDREIRA, A.J. 1999. Evolução sedimentar e tectônica da bacia metassedimentar do rio Pardo: uma síntese. Revista Brasileira de Geociências: 29: 339-344.

¹⁹ KARMANN, I. 1987. O Grupo Rio Pardo (Proterozoico Médio a Superior): uma cobertura paraplateformal da margem sudeste do cráton do São Francisco. Dissertação de Mestrado em Geociências (Geoquímica e Geotectônica). Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

²⁰ PEDREIRA, A.J. 1996. Geologia e Recursos Minerais da Bacia Metassedimentar do Rio Pardo..Salvador, CBPM, 18 p. (Série Arquivos Abertos No. 11).

nos quartzitos são estratificações cruzadas acanaladas; nos carbonatos, níveis de brecha intraformacional e "tepees".

A Formação Salobro (PSsa) ocupa o topo do Grupo Rio Pardo, depositada discordantemente sobre o Subgrupo Itaimbé. Próximo à sua base, a sul da cidade de Santa Luzia, afloram conglomerados (PSsa_cgl) com clastos de carbonato. Grande parte da formação consiste em grauvacas arcossianas. Estratificação gradacional ocorre em diversos níveis da formação. Intercalados nestas grauvacas existem níveis de conglomerados oligomíticos, algumas vezes apresentando granocrescência. Estruturas sedimentares comuns nas grauvacas são estratificações cruzadas e marcas de ondulação.

Grupo Barreiras (Tb)

Coube a Branner (1902)²¹ a primeira utilização do termo Barreiras, para nomear as camadas sedimentares expostas nos tabuleiros da costa atlântica nordestina. Inicialmente, essa denominação tinha apenas um caráter morfológico, adquirindo conotação estratigráfica a partir de Moraes Rego (1930)²², que, ao estudar sedimentos terciários da Amazônia, correlacionou-os com aqueles aflorantes no litoral do Nordeste, denominando-os de série Barreiras, termo também adotado por Oliveira & Leonardos (1943)²³.

Oliveira & Andrade Ramos (1956)²⁴ nomearam esses sedimentos de Formação Barreiras, nomenclatura utilizada posteriormente por Kegel (1957)²⁵. Bigarella & Andrade (1964)²⁶, a partir de observações realizadas próximo a Recife, propuseram a elevação da Formação Barreiras à categoria de Grupo.

21 BRANNER, J.C 1902. The geology of Northeast coast of Brazil. Geological Society of America Bulletin, 8, 41-96.

22 MORAES REGO, L.F. 1930. Notas sobre a geologia do território do Acre e da bacia do Javari. Manaus: C. Cavalcante.

23 OLIVEIRA, A.I., LEONARDOS, O.H. 1943. Geologia do Brasil. 2.ed. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola. (Série Didática, 2).

24 OLIVEIRA P. E. de, ANDRADE RAMOS, J.R. 1956. Geologia das quadrículas de Recife e Pontas de Pedra. Rio de Janeiro: DNPM/DGM. (Boletim, 151).

25 KEGEL, W. 1957. Contribuição ao estudo da bacia costeira do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro: DNPM, 1957. (Boletim, 170).

26 BIGARELLA, J.J., ANDRADE, G.O. 1964. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). Arquivo do Instituto de Ciências da Terra, Recife, n. 2, p.2-14.

O Grupo Barreiras tem ampla distribuição ao longo da zona costeira brasileira desde o Estado do Pará até o Estado do Rio de Janeiro. De acordo com diversos autores (Bigarella & Andrade, 1964; Mabesoone *et al.*, 1972²⁷; Bigarella, 1975²⁸; Ghignone, 1979²⁹; Medeiros & Ponte, 1981³⁰), a sedimentação do Grupo Barreiras relaciona-se a fatores geomorfológicos, climáticos e tectônicos e ocorreu através de sistemas de leques aluviais e fluviais entrelaçados. Com base nas relações estratigráficas e em datações palinogênicas, sua idade é atribuída ao Neógeno.

Entretanto, trabalhos mais recentes têm oferecido uma explicação alternativa para a origem destes sedimentos, os quais pelo menos em sua porção inferior teriam se acumulado em ambientes marinhos transicionais (Rossetti 2006)³¹.

Na região, o Grupo Barreiras apresenta sua maior expressão no município de Canavieiras. Em geral os afloramentos não são bons. Um poucas exposições estão presentes em cortes de estrada, ao longo da rodovia BA-001 que liga Ilhéus a Canavieiras. A litologia mais comum na região é composta por arenitos de médios a grossos com estratificações cruzadas, constituídos por sedimentos imaturos feldspáticos a líticos, com matriz argilosa (10-15%), mal-classificados e com granulometria variando de areia média a grânulos. Estes corpos arenosos apresentam geometria lenticular, aos quais se associam, de forma subordinada, intercalações de argilitos e lamitos (CPRM, 1997).

Depósitos Quaternários

Os depósitos quaternários ocupam uma área significativa da região. Estes depósitos incluem sedimentos continentais e transicionais que se sobrepõem discordantemente sobre o Grupo Barreiras e o Embasamento Cristalino. Estes

²⁷ MABESOONE, J. M.; SILVA, A. C.; BEURLEN, K. 1972. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Rev. Bras. Geoc., v. 2, p. 173-188.

²⁸ BIGARELLA, J. J. 1975. The Barreiras Group in Northeast Brazil. Anais da Acad. Bras. Ciências, v. 47, p. 365-393.

²⁹ GHIGNONE, J. I. 1979. Geologia dos sedimentos fanerozóicos do Estado da Bahia. In: INDA, H. A. V. (ed.) Geologia e recursos minerais do estado da Bahia : textos básicos. Salvador : SME/CPM, v. 1, p. 23-117.

³⁰ MEDEIROS, R. A.; PONTE, F. C. 1981. Roteiro Geológico da Bacia do Recôncavo (Bahia). Salvador: PETROBRÁS/SEN BA., 63 p.

³¹ Rossetti, DF (2006) Evolução sedimentar Miocênica nos Estados do Pará e Maranhão. Revista do Instituto de Geociências – USP, Série Científica 6: 7-18.

depósitos tiveram sua acumulação controlada pelas variações do nível relativo do mar que afetaram a costa brasileira durante o Quaternário. Foram identificados por meio de levantamentos de campo e integração com trabalhos realizados anteriormente, com especial destaque para, segundo Martin *et al.* (1980)³² e Dominguez (1983³³ e 1987³⁴), os seguintes depósitos quaternários (**FIGURA 8.2.2-2**).

³² MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P., VILAS BOAS, G.S; FLEXOR, J.M. 1980. Texto explicativo para o Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado da Bahia – escala 1:250.000, COM/SME, Salvador, 60p.

³³ DOMINGUEZ, J.M.L. 1983. Evolução Quaternária da Planície Costeira Associada à Foz do Rio Jequitinhonha (BA): Influência das Variações do Nível do Mar e da Deriva Litorânea de Sedimentos. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.

³⁴ DOMINGUEZ, J.M.L. 1987. Quaternary Sealevel Changes and the Depositional Architecture of Beach-Ridge Strandplains Along the East Coast of Brazil. Tese de Doutorado, RSMAS, Universidade de Miami, EUA.

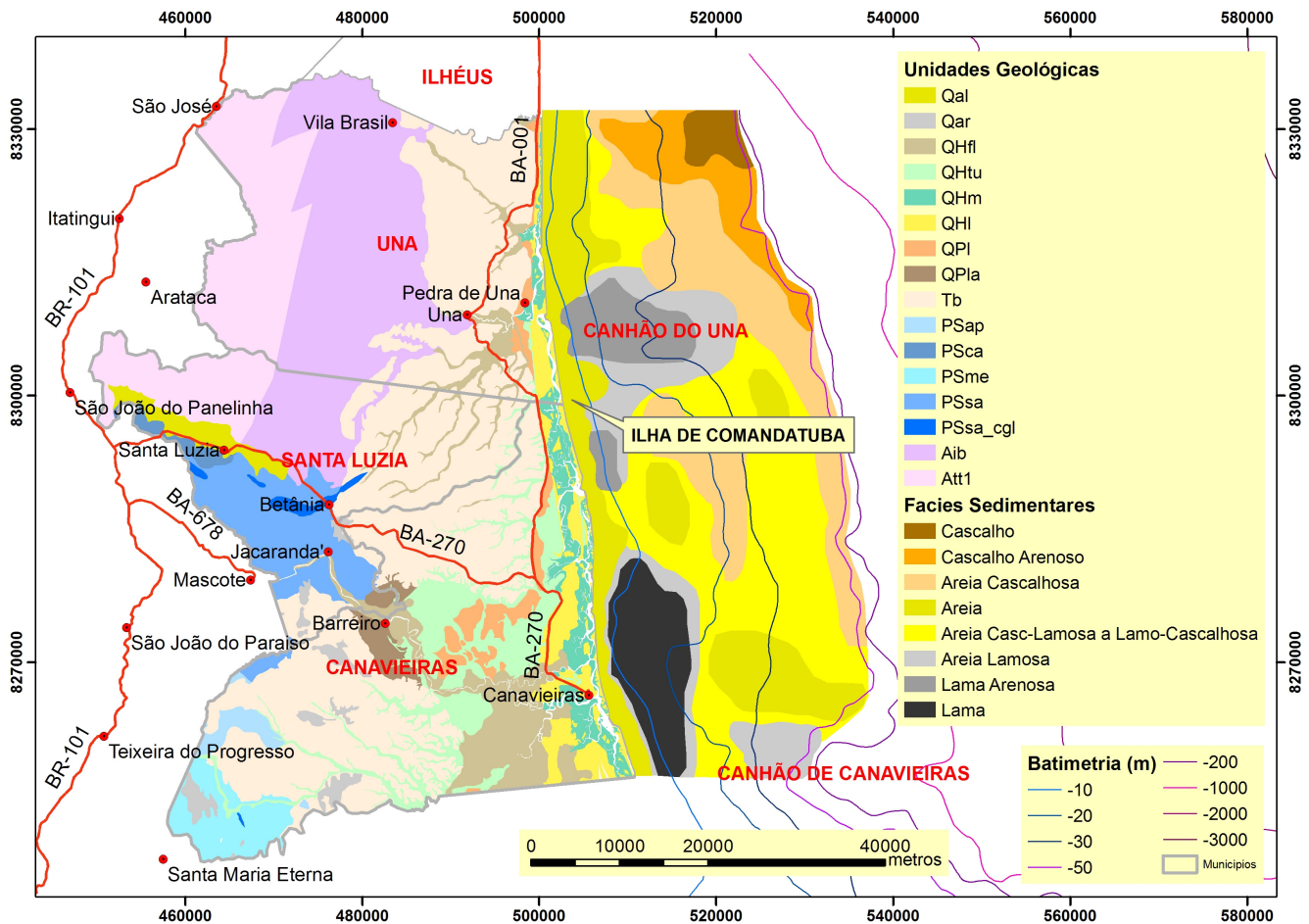


FIGURA 8.2.2-2 – Geologia dos municípios de Canavieiras, Santa Luzia e Una e da área marinha confrontante.

Pleistoceno

Depósitos de Leques Aluviais Pleistocênicos (QPla) – estes depósitos, de idade pleistocênica, colocam-se normalmente no sopé das encostas do Grupo Barreiras com altitudes variando de 10 a 20 m, e são correlativos daqueles mapeados por Martin *et al.* (1980) e Vilas Boas *et al.* (1979) para outros trechos da costa do Estado da Bahia. Tratam-se de acumulações predominantemente arenosas e mal selecionadas, contendo desde argila até seixos. Na área de estudo estes depósitos são encontrados apenas na cabeceira do vale escavado pelo rio Pardo, no Grupo Barreiras.

Depósitos de Areias Litorâneas Regressivas (QPI) – estes depósitos também têm sido referidos na literatura como Terraços Marinheiros Pleistocênicos e exibem relevo plano a levemente ondulado, altitudes variando de 6 a 11 m e ocorrem na porção interna da planície costeira (**FIGURA 8.2.2-2**). Apresentam em sua superfície vestígios de antigas cristas de cordões litorâneos. Os cordões litorâneos pleistocênicos são largos, em média com cerca de 40 metros de largura, elevados, e são separados entre si por zonas baixas que podem ou não estar ocupadas por terras úmidas (brejos). Estes terraços são constituídos por sedimentos arenosos, de granulometria média a grossa, de cor variando de branca a marrom, bem selecionados e com boa permeabilidade. É um material pouco coeso, à exceção de um nível cimentado por ácidos húmicos (horizonte espódico) situado a 3-4 metros abaixo da superfície.

Holoceno

Depósitos de Areias Litorâneas Regressivas (QHI) – estes depósitos também tem sido referidos na literatura como Terraços Marinheiros Holocênicos e apresentam altitudes variando de alguns decímetros a seis metros. Sua maior expressividade ocorre também no município de Canavieiras onde formam terraços relativamente extensos. Estes depósitos bordejam praticamente toda a linha de costa da área de estudo, sob a forma de Ilhas arenosas alongadas, dentre as quais está incluída a Ilha de Comandatuba. Estes terraços exibem uma topografia levemente ondulada devido à presença, em superfície, de cristas de cordões litorâneos. Ao contrário dos terraços marinheiros pleistocênicos, nestes terraços, os cordões são bem delineados, estreitos, pouco elevados, na maioria das vezes, paralelos entre si e com grande continuidade lateral. São separados por zonas baixas, muitas vezes ocupadas por terras úmidas.

Estes terraços são constituídos por areias finas a médias, com boa permeabilidade, de cor amarelada, bem selecionadas e com a presença de níveis de conchas de moluscos e traços fósseis de *Calianassa* sp.

Datações de conchas de moluscos presentes nesta unidade forneceram idades sempre mais recentes que 7.500 anos cal A.P. (Dominguez, 1983, 1987; Almeida, 2006). Estas idades permitem associar estes depósitos com a Última Transgressão (Martin *et al.*, 1980) e descida do nível do mar subsequente. A Última Transgressão alcançou um máximo em torno de 5.600 anos cal AP quando o nível do mar se posicionou cerca de 5 + 1 metros acima do nível do mar atual.

Nas Ilhas arenosas que bordejam a linha de costa é bastante comum a presença de cordões estreitos com orientação geral transversal à linha de costa, que se formaram como pontais recurvos associados à migração de canais de maré em resposta à deriva litorânea.

Depósitos Argilo-Orgânicos de Mangues (QHm) - correspondem aos sedimentos que se acumularam em associação com os mangues atuais. O substrato sobre o qual o mangue se encontra instalado é predominantemente constituído de materiais argilo-siltosos ricos em matéria orgânica. A maior expressividade destes depósitos se verifica no município de Canavieiras, onde grandes extensões de manguezais ocorrem nas zonas protegidas presentes na retaguarda das Ilhas arenosas. Estes depósitos afloram localmente na face da praia, nos trechos que experimentam recuo erosivo severo da linha de costa, como ao norte de Canavieiras.

Depósitos Argilo-Orgânicos de “Terras Úmidas” (QHtu) - constituem os sedimentos que se acumularam em associação com as “Terras Úmidas” (brejos) atuais. Estes depósitos ocupam as áreas mais baixas da planície quaternária. Nestas áreas se acumularam sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica e por vezes camadas de turfa com espessura decimétrica. Na Costa do Cacau os depósitos argilo-orgânicos de terras úmidas mais expressivos ocorrem no município de Canavieiras, na planície de inundação do rio Pardo.

Depósitos Arenos-Argilosos Fluviais (QHfl) - esses depósitos são constituídos por sedimentos de diques marginais, de barras de meandros e de canais abandonados que ocorrem em estreita associação com os principais rios que deságuam na região, como é o caso dos rios Pardo e Almada. Depósitos desta natureza,

associados a um antigo leito do rio Jequitinhonha, quando o mesmo desaguava no local onde hoje está implantada a cidade de Canavieiras, encontram-se ainda bem preservados.

Outras Unidades Quaternárias

Ocorrem ainda na região os seguintes depósitos quaternários:

Depósitos de Areias Residuais (“Mussunungas”) (Qar) – tratam-se de depósitos arenosos residuais relacionados ao Grupo Barreiras e à Formação Salobro. Estes depósitos são conhecidos regionalmente como “Mussunungas”. No geral estas areias quartzosas estão recobertas por vegetação rasteira e apresentam coloração de branca a cinza. Frequentemente, sob a camada superficial arenosa, ocorre um horizonte espódico areno-argiloso de marrom escuro a preto, endurecido, responsável pela retenção das águas pluviais.

Depósitos Aluviais Não-Diferenciados (Qal) – sob esta designação estão enquadrados depósitos arenosos de origem aluvial que preenchem uma zona topograficamente deprimida nas vizinhanças da cidade de Santa Luzia.

Área Submersa

Uma compilação de dados disponíveis no BNDO (Banco Nacional de Dados Oceanográficos) e no acervo do Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia da UFBA permitiu identificar para a plataforma continental – confrontante aos municípios de Una, Santa Luzia e Canavieiras – as seguintes fácies sedimentares texturais (**FIGURA 8.2.2-2**):

Fácies de Areia – bordeja a linha de costa da região, se estendendo aproximadamente até a isóbata de 10-20 m. É constituída predominantemente por areia quartzosa fina a muito fina diretamente relacionada aos aportes sedimentares fluviais atuais.

Fácies de Lama - ocorre principalmente associada às cabeceiras do canhão de Canavieiras, onde apresenta grande expressividade.

Fácies de Lama Arenosa e de Areia Lamosa – ocorrem associadas às bordas da fácies de Lama e na cabeceira do canhão do Una. A maior parte das fácies de Lama, Lama Arenosa e Areia Lamosa ocorrem entre as isóbatas de 10 e 30 m.

Fácies de Cascalho – está restrita a uma pequena mancha, localizada costa afora da divisa entre os municípios de Una e Ilhéus, na plataforma externa próximo à quebra da plataforma. A fácies de Cascalho é constituída exclusivamente por bioclastos de algas coralinas.

Fácies de Cascalho Arenoso - ocorre associada à fácies de Cascalho, na plataforma externa e é constituída predominantemente por bioclastos de alga coralina, incluindo ainda fragmentos de moluscos, briozoários e foraminíferos.

Fácies de Areia Cascalho-Lamosa e de Areia Lamo-Arenosa – esta fácies de caráter arenoso recobre a maior parte da plataforma continental média da área de estudo. É constituída essencialmente por bioclastos, incluindo fragmentos de algas coralinas, moluscos, briozoários e foraminíferos com teores variados de lama.

Essa classificação foi feita, utilizando-se como padrão de referência uma versão modificada do diagrama triangular de Shepard (1954), de modo a incluir os sedimentos cascalhosos.

8.2.2.2. Geologia e Geomorfologia local – Ilha de Comandatuba

Neste item é apresentada uma caracterização geológica-geomorfológica mais detalhada da Ilha de Comandatuba com base nos dados coletados em campo e a partir da interpretação de fotos aéreas e imagens de satélite.

Área Emersa

A ilha de Comandatuba é uma ilha arenosa cuja origem está associada à migração lateral de pontais recurvos no sentido preferencial sul-norte (**FIGURA 8.2.2-3, 8.2.2-4 e 8.2.2-5**), seguida de progradação da linha de costa no sentido de costa afora. A ilha apresenta um comprimento total de 19 km e uma largura máxima e mínima respectivamente de 1200m e 140m. Sua extremidade norte é marcada pela desembocadura do rio Comandatuba (Barra Norte) e sua extremidade sul pela desembocadura do rio Poxim (Barra Sul). A superfície da ilha é ornamentada por cordões litorâneos ao longo de toda a sua extensão, os quais marcam antigas posições da linha de costa (**FIGURA 8.2.2-5**). A ilha protege, do mar aberto extensos manguezais, que se desenvolveram ao longo das margens dos rios e canais de maré.

Do ponto de vista geológico a ilha de Comandatuba e suas vizinhanças imediatas no continente são constituídas por dois tipos de depósitos, os quais já foram descritos em detalhe no item anterior: Depósitos de Areias Litorâneas Regressivas (QHI) e Depósitos Argilo-Orgânicos de Mangues (QHm). Mais para o interior estão também presentes os Depósitos de Areias Litorâneas Regressivas Pleistocênicas (QPI), Depósitos Argilo-Orgânicos de “Terras Úmidas” (QHtu) e Depósitos Arenos-Argilosos Fluviais (QHfl) e Grupo Barreiras (Tb) (**FIGURA 8.2.2-3**).

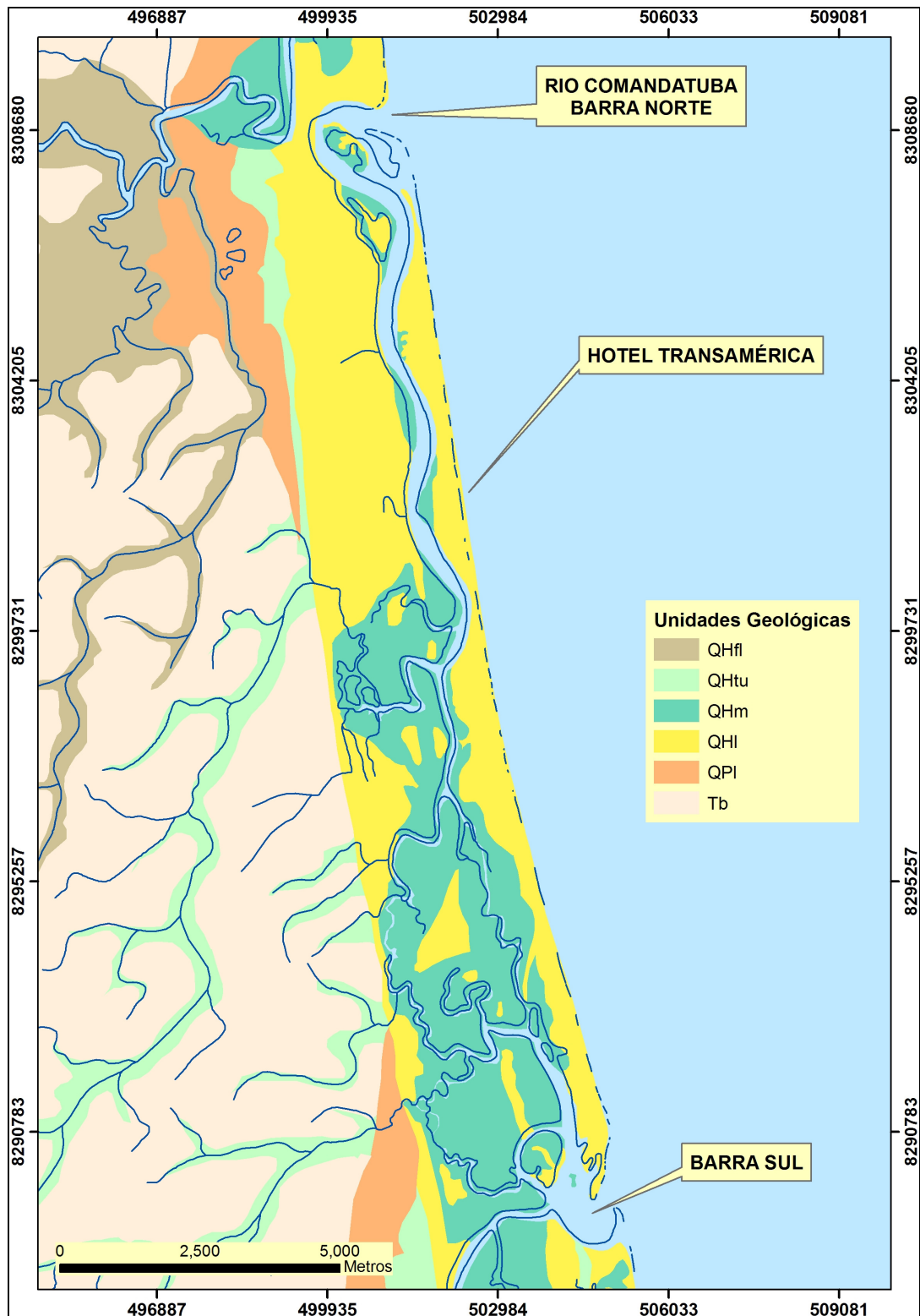


FIGURA 8.2.2-3 – Geologia da Ilha de Comandatuba e vizinhanças (Consultar texto para descrição das siglas relativas às unidades geológicas).

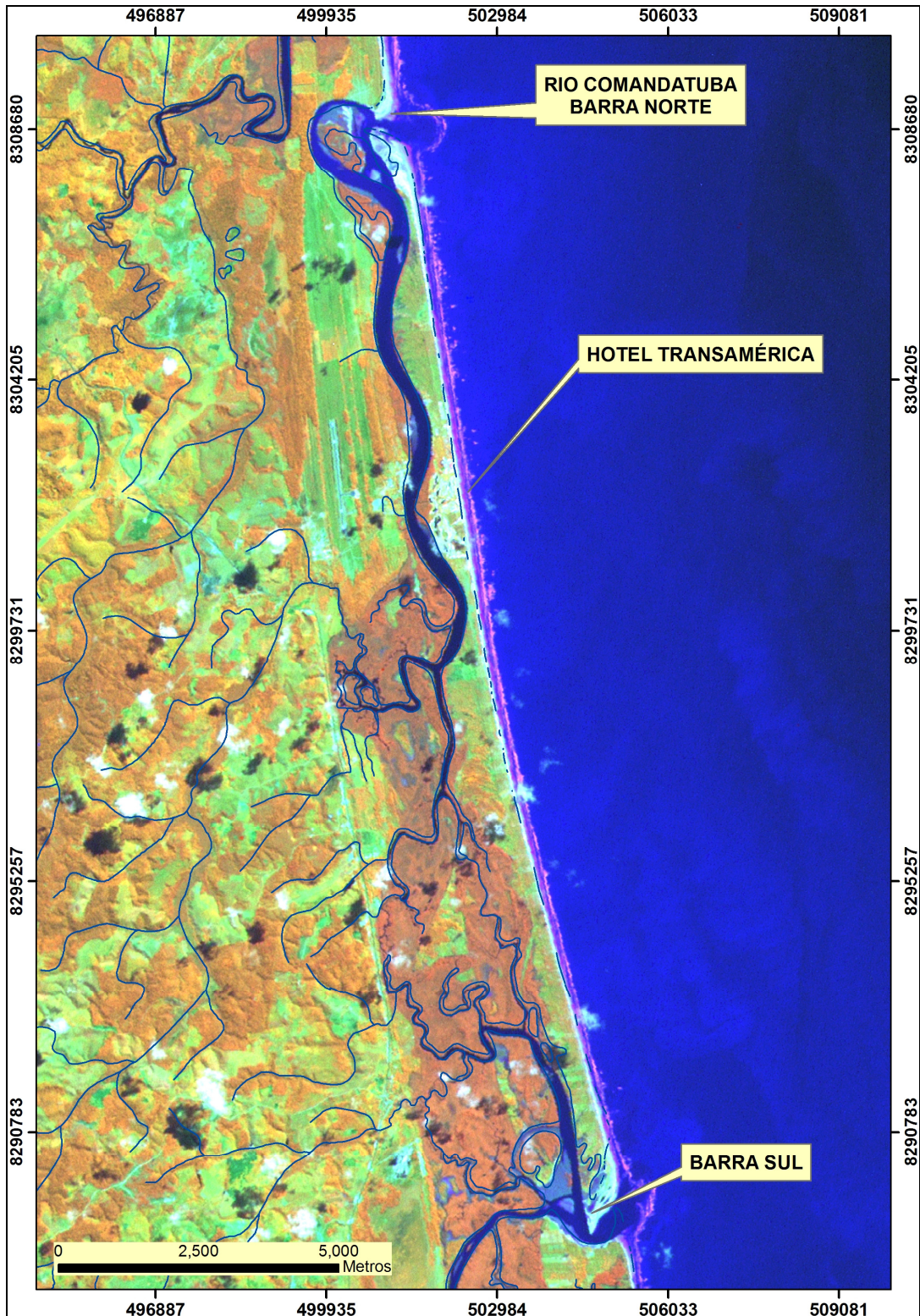


FIGURA 8.2.2-4 – Imagem Landsat 7 da mesma área representada na FIGURA 8.2.2-3, incluída para fins ilustrativos.



FIGURA 8.2.2-5 – Detalhe dos pontais recurvos e fotos de sobrevoio e cordões litorâneos presentes na superfície da Ilha de Comandatuba (imagem Ikonos – 2008).

Área Submersa

Plataforma Continental

A caracterização da área submersa foi feita a partir de levantamento batimétrico específico realizado pela Belov Engenharia Ltda. no período 26 a 29 de fevereiro de 2008 e a coleta de 100 amostras de sedimento superficial de fundo (85 amostras na plataforma continental e 15 amostras no Rio Comandatuba), segundo a malha amostral apresentada na **FIGURA 8.2.2-6**.

A batimetria em frente a Ilha de Comandatuba apresenta um caráter bastante uniforme com isóbatas paralelas à linha de costa atual e declividades médias que variam de 0,5°, junto à linha de costa, a 0,1° – nas áreas mais profundas (**FIGURA 8.2.2-6** e **FIGURA 8.2.2-7**).

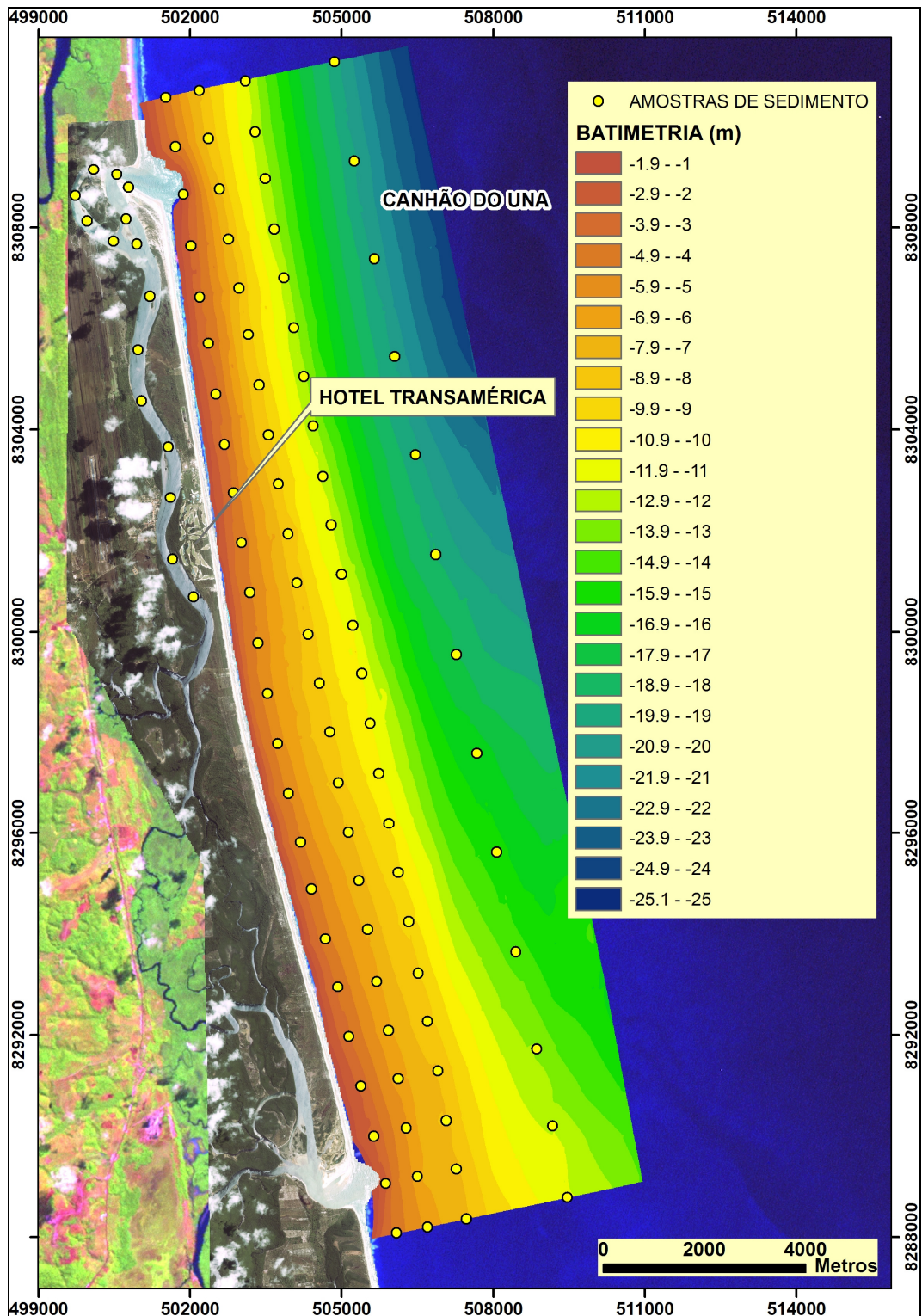


FIGURA 8.2.2-6 – Batimetria do fundo marinho em frente à Ilha de Comandatuba com localização das amostras de sedimento superficial de fundo coletadas.

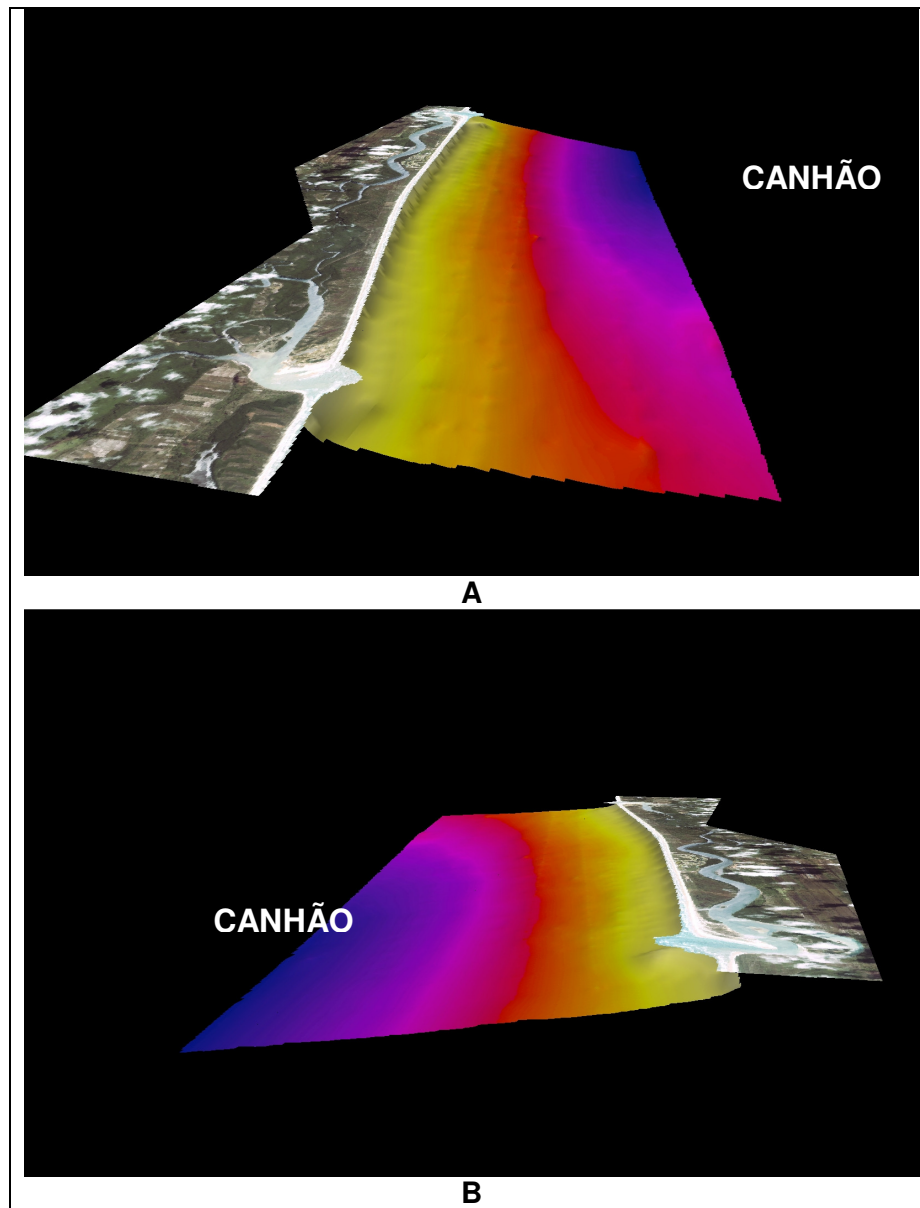


FIGURA 8.2.2-7 – Visualização 3-D da batimetria do fundo marinho em frente à Ilha de Comandatuba. A – visada sul-norte. B – visada norte-sul.

Apenas na metade norte da área levantada, verifica-se um aumento mais acentuado da profundidade – no trecho que corresponde às cabeceiras do canhão do Una. O sedimento que recobre o fundo marinho na área mapeada é constituído essencialmente por sedimentos siliciclásticos, cujo diâmetro médio decresce rapidamente com a profundidade ao tempo em que aumentam os teores de lama no sedimento (**FIGURA 8.2.2-8**).

Nas vizinhanças das Barras Norte e Sul estão presentes deltas bem desenvolvidos de maré vazante, caracterizados por expressiva acumulação de sedimentos arenosos (**FIGURA 8.2.2-8 e FIGURA 8.2.2-9**).

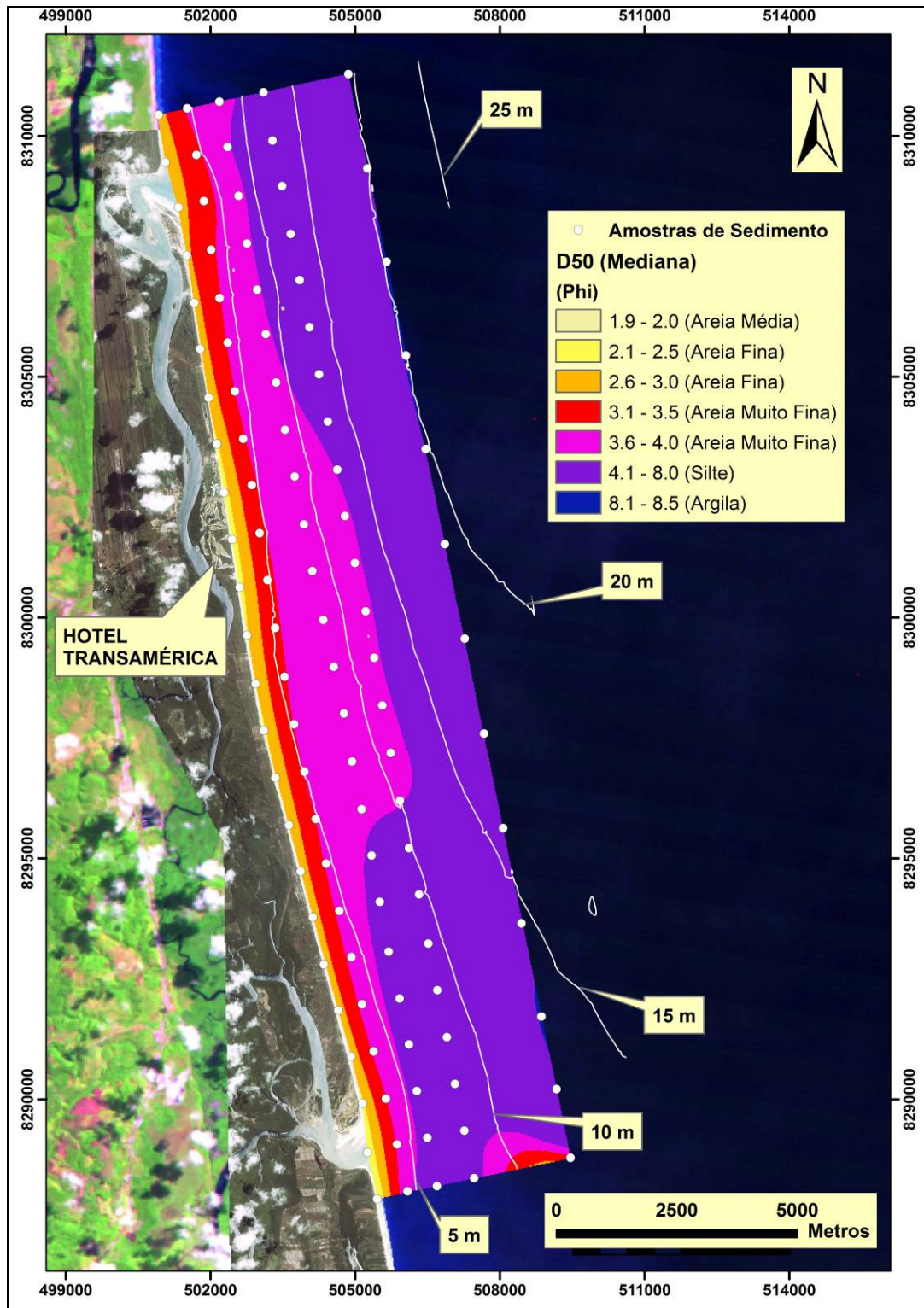


FIGURA 8.2.2-8 – Textura do sedimento superficial de fundo na região confrontante à Ilha de Comandatuba.

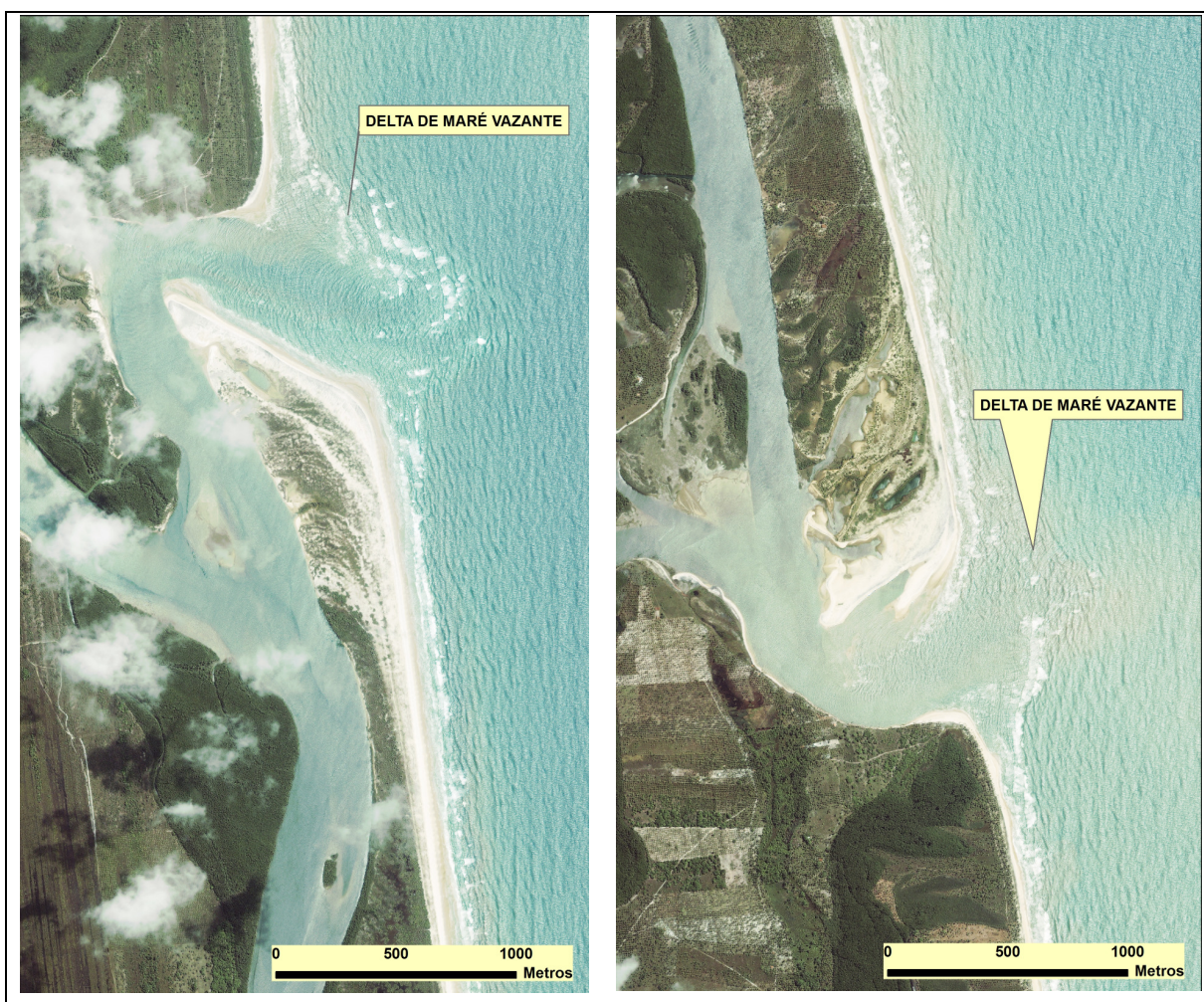


FIGURA 8.2.2-9 – Aspectos dos deltas de maré vazante que caracterizam as Barras Norte e Sul.

Canal de Comandatuba

Para a caracterização do sedimento superficial de fundo ao longo do canal do Rio Comandatuba, entre a sua foz e o Hotel Transamérica, foram coletadas 14 amostras de sedimento (**FIGURA 8.2.2-10**). Os resultados obtidos mostram que ao longo da maior parte do canal, os sedimentos apresentam uma granulometria similar àquela verificada nas praias em frente ao Hotel Transamérica. A única exceção ocorre no pequeno canal interno, presente atrás da ilha arenosa que

obstrui parcialmente a desembocadura do rio Comandatuba. Neste trecho o sedimento é bastante lamoso.

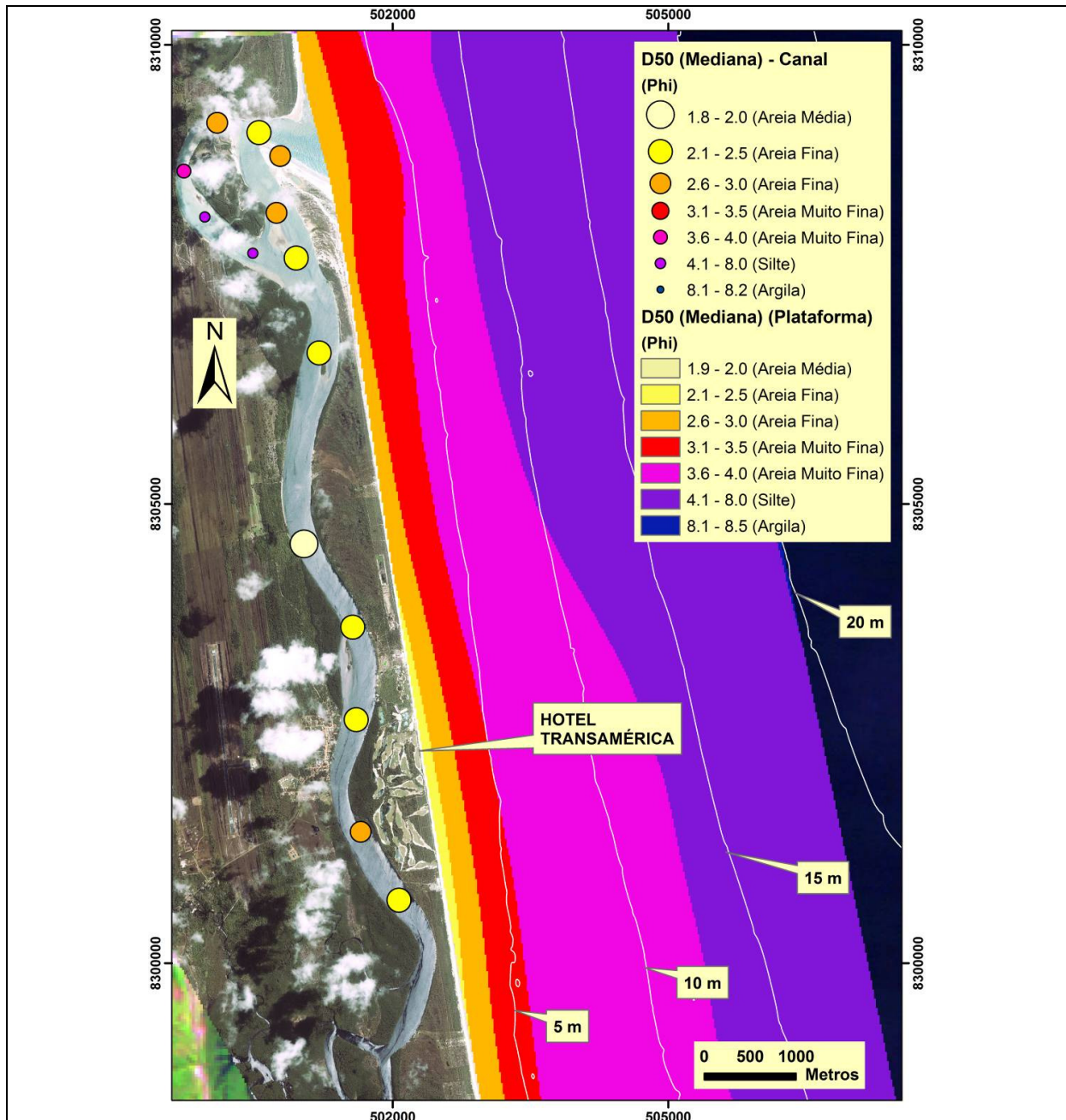


FIGURA 8.2.2-10 – Textura do sedimento no canal do rio Comandatuba e na plataforma continental interna confrontante. Observar que o sedimento no canal de Comandatuba de maneira geral apresenta uma granulometria compatível com aquela da praia em frente ao Hotel Transamérica, com exceção do pequeno canal interno próximo à foz. $\Phi = -\log_2 D$, onde D =diâmetro da partícula em mm.

8.2.2.3. Praias e Linha de Costa

A caracterização da praia e da linha de costa da Ilha de Comandatuba foi feita a partir de levantamentos de perfis de praia, num total de 23, espaçados de 1 km, para condição de verão e inverno, complementados pela coleta de amostras na face praial (**FIGURA 8.2.2-11**). Todos os perfis estão referenciados ao mesmo nível de redução utilizado no levantamento batimétrico, o qual corresponde ao nível de redução da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação).

Os resultados obtidos mostram que a linha de costa da Ilha de Comandatuba é caracterizada por praias arenosas, com areias com texturas de fina a muito fina com baixa declividade (valor médio de 2,5°). A zona de surfe apresenta largura média em torno de 100 m e exibe 2 a 3 linhas de rebentação (**FIGURA 8.2.2-12**). Bancos arenosos estão presentes na zona de surfe.

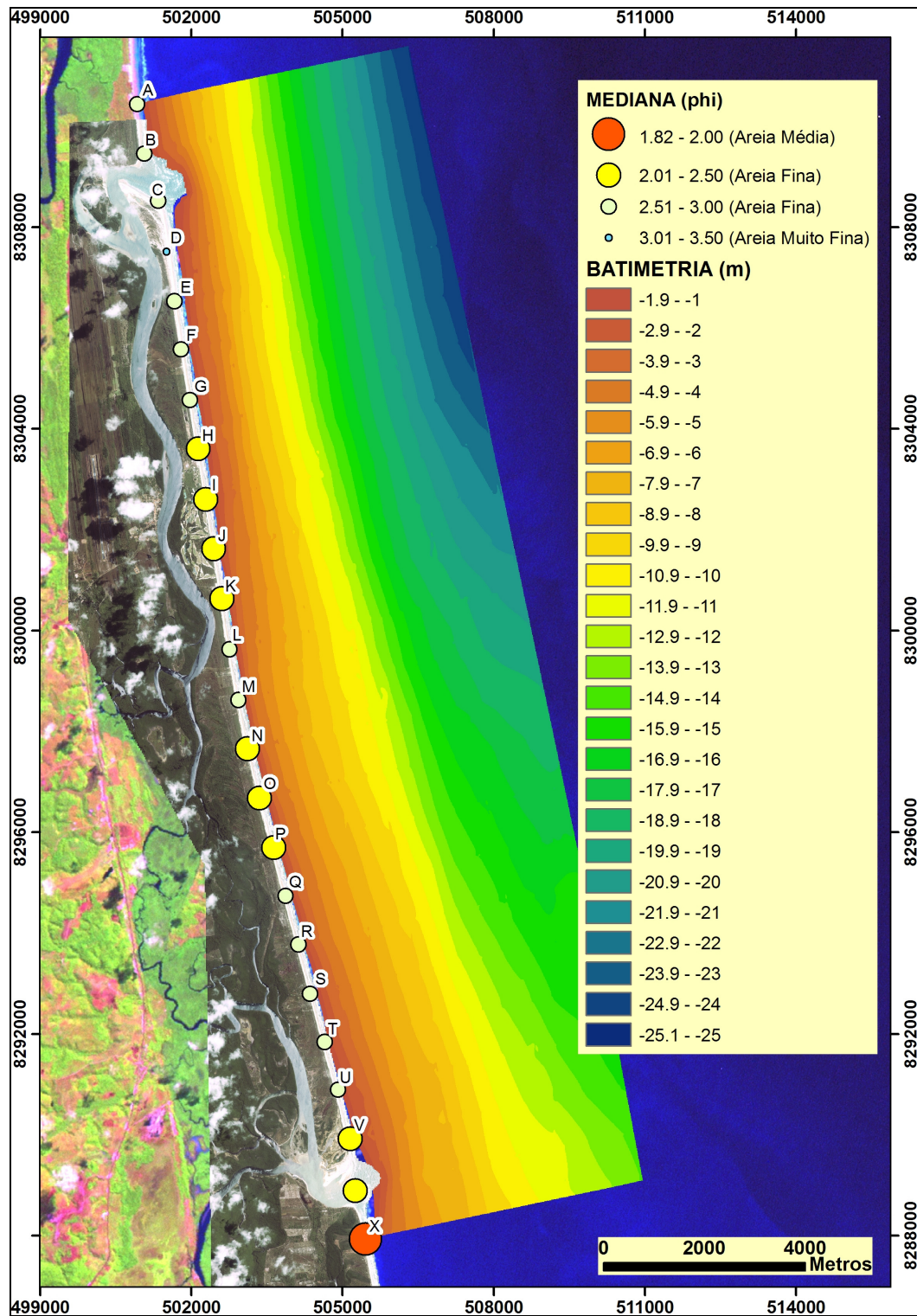


FIGURA 8.2.2-11 Localização dos perfis de praia realizados na Ilha de Comandatuba (indicados pelas letras) e granulometria do sedimento praiar (círculos coloridos). Encontra-se também representada a batimetria.



FIGURA 8.2.2-12 Aspectos da zona de surfe na Ilha de Comandatuba. As praias apresentam características típicas de praias intermediárias de alta energia a dissipativas.

As **FIGURAS 8.2.2-13 a 8.2.2-20** mostram os 23 perfis realizados no verão (Fevereiro de 2008). É possível observar que à exceção dos perfis B e C localizados na extremidade norte da Ilha, todos os demais apresentam uma geometria muito semelhante: ligeiramente côncavos e limitados no continente por uma duna frontal, com relevo aproximado de 50 cm e altitude de 4 m acima do nível de redução adotado. Esta altitude diminui para valores em torno de 3 metros na extremidade sul da Ilha (a partir do perfil P). O mesmo acontece com os três perfis situados na extremidade norte da Ilha.

Em função das características apresentadas, as praias podem, portanto ser caracterizadas como intermediárias de alta energia a dissipativas, segundo o esquema de Wright & Short (1984). A comparação entre os perfis realizados no verão e no inverno mostra que, pelo menos para o ano de 2008, as variações sazonais foram mínimas e concentradas na porção inferior dos perfis. Apenas no perfil C (**FIGURA 8.2.2-12**), localizado na extremidade norte da Ilha de Comandatuba, se verificou uma expressiva acumulação de sedimentos, seguindo a tendência observada nos últimos anos e ilustrada nas **FIGURAS 8.2.2-28 a 8.2.2-31**, quando da discussão do “**Item 8.2.2.4. Comportamento da linha de costa**”.

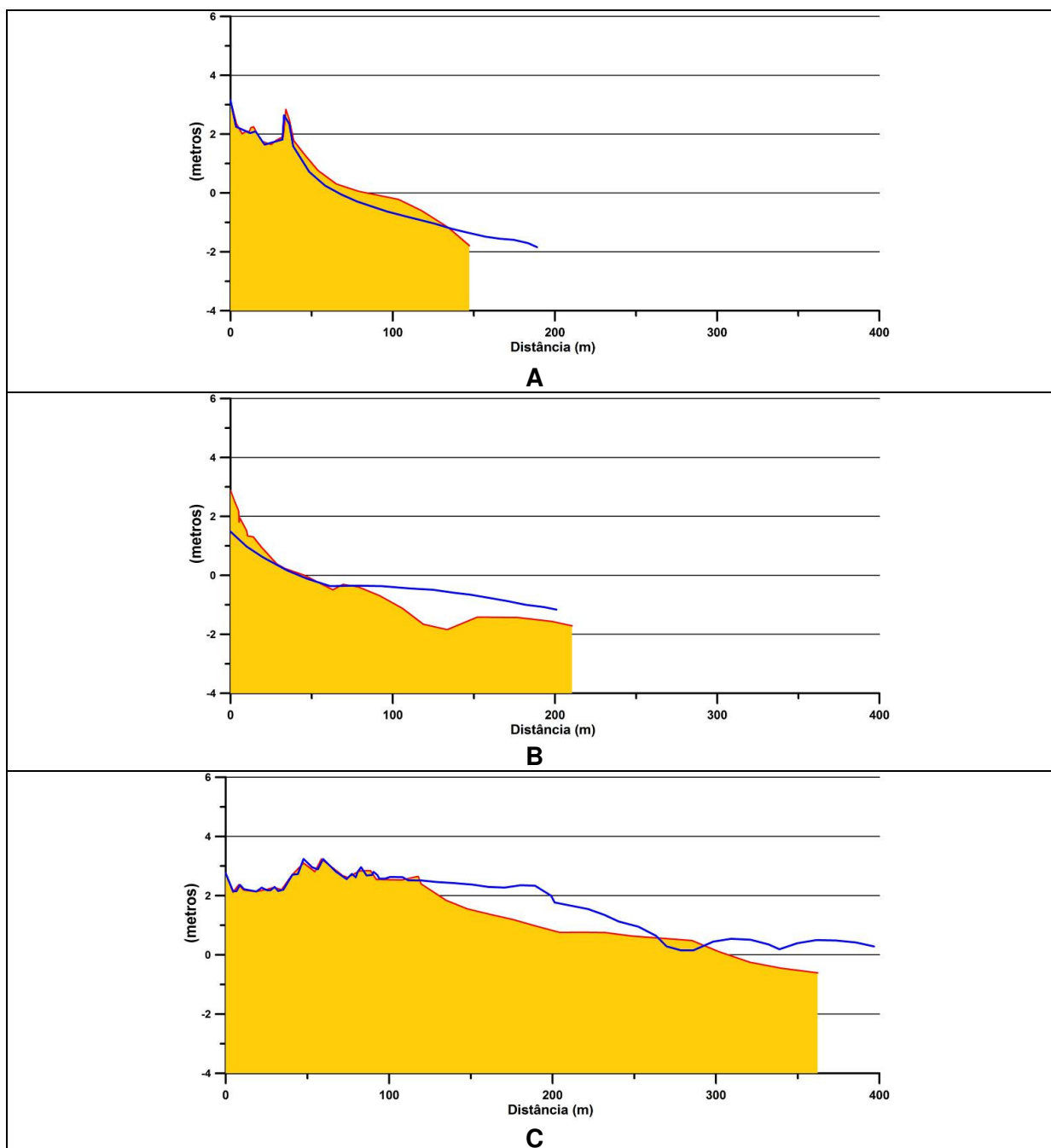
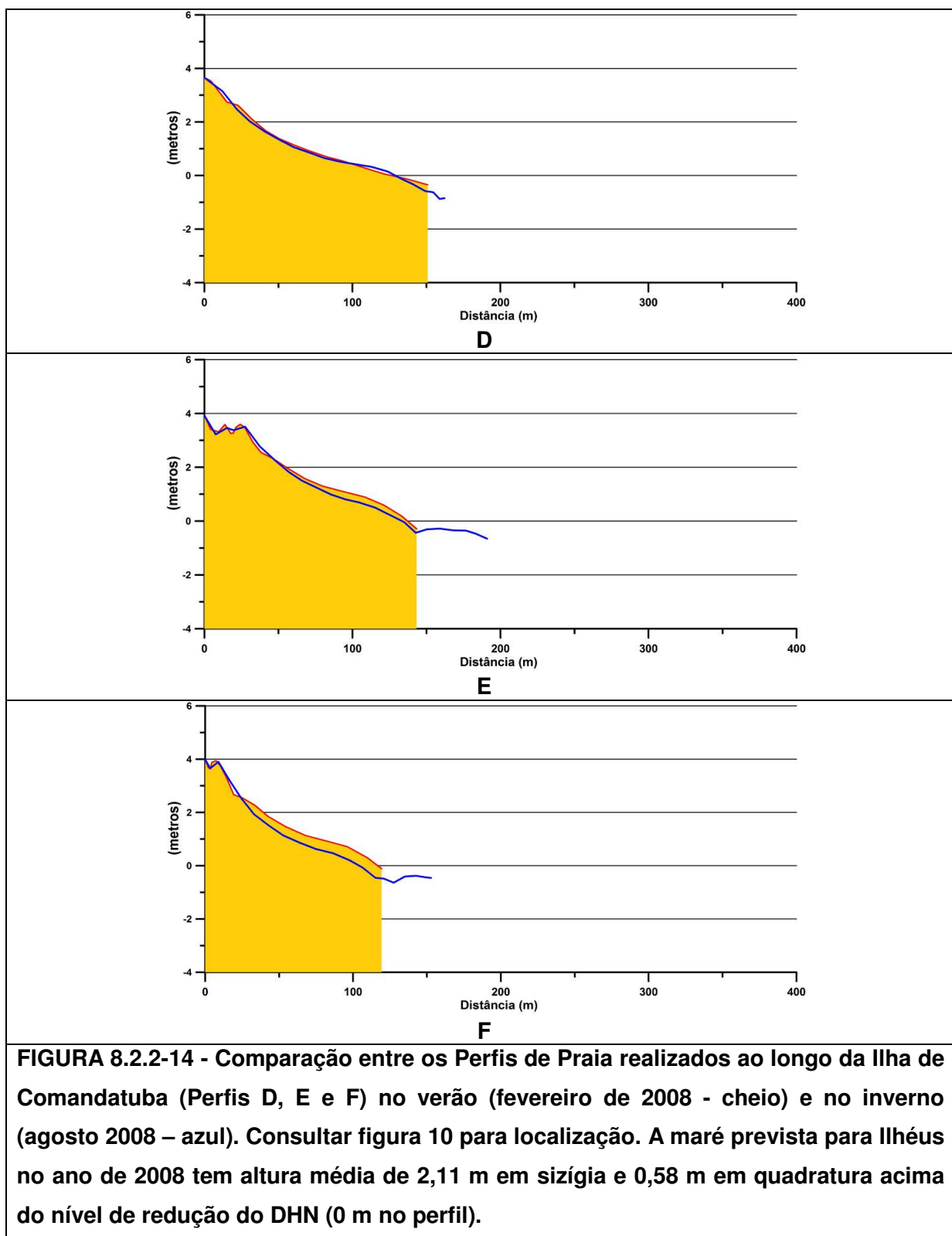


FIGURA 8.2.2-13 - Comparação entre os Perfis de Praia realizados ao longo da Ilha de Comandatuba (Perfis A, B e C) no verão (fevereiro de 2008 - cheio) e no inverno (agosto 2008 – azul). Consultar figura 10 para localização. A maré prevista para Ilhéus no ano de 2008 tem altura média de 2,11 m em sizígia e 0,58 m em quadratura acima do nível de redução do DHN (0 m no perfil).



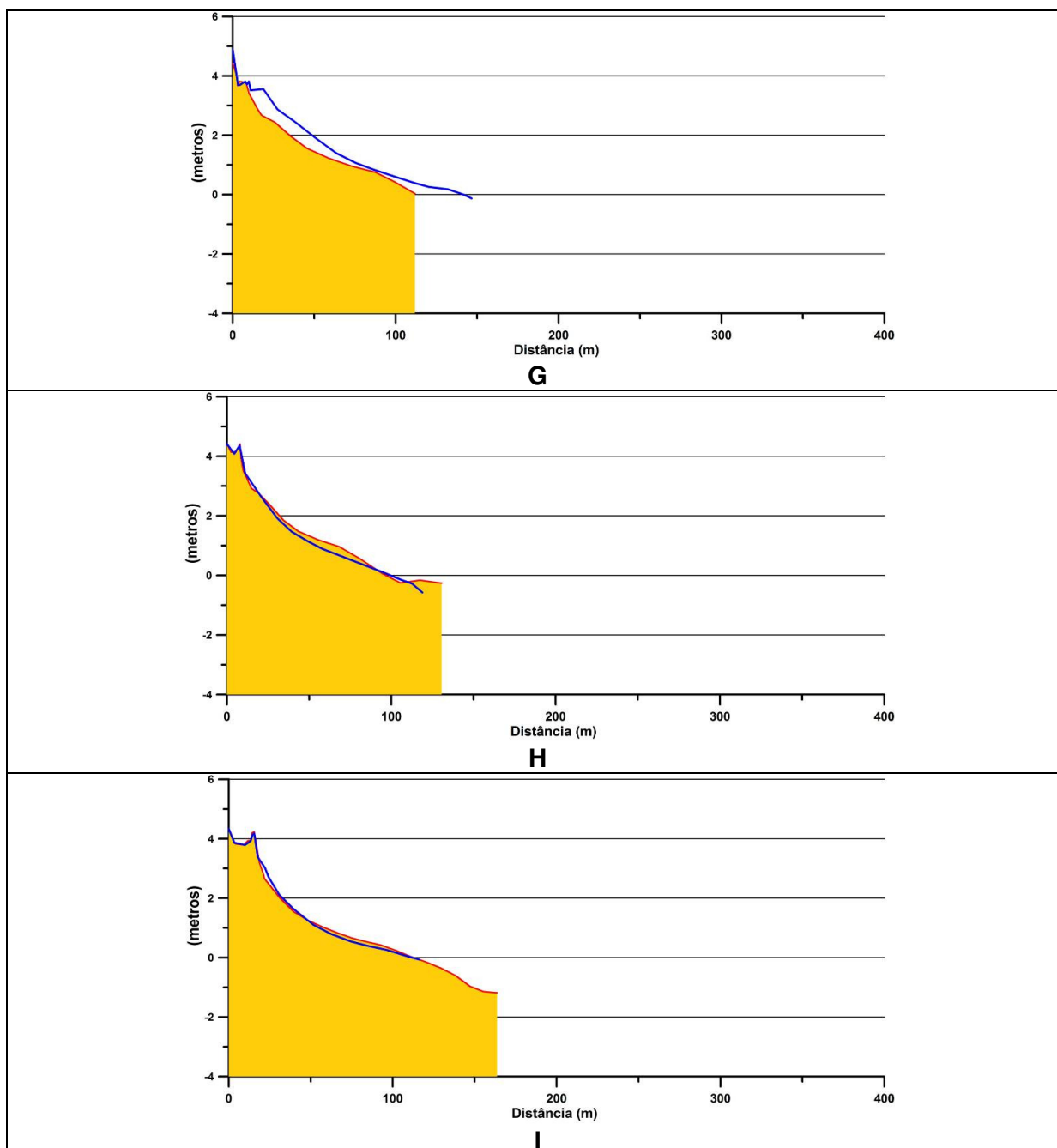


FIGURA 8.2.2-15 - Comparação entre os Perfis de Praia realizados ao longo da Ilha de Comandatuba (Perfis G, H e I) no verão (fevereiro de 2008 - cheio) e no inverno (agosto 2008 – azul). Consultar figura 10 para localização. A maré prevista para Ilhéus no ano de 2008 tem altura média de 2,11 m em sizígia e 0,58 m em quadratura acima do nível de redução do DHN (0 m no perfil).

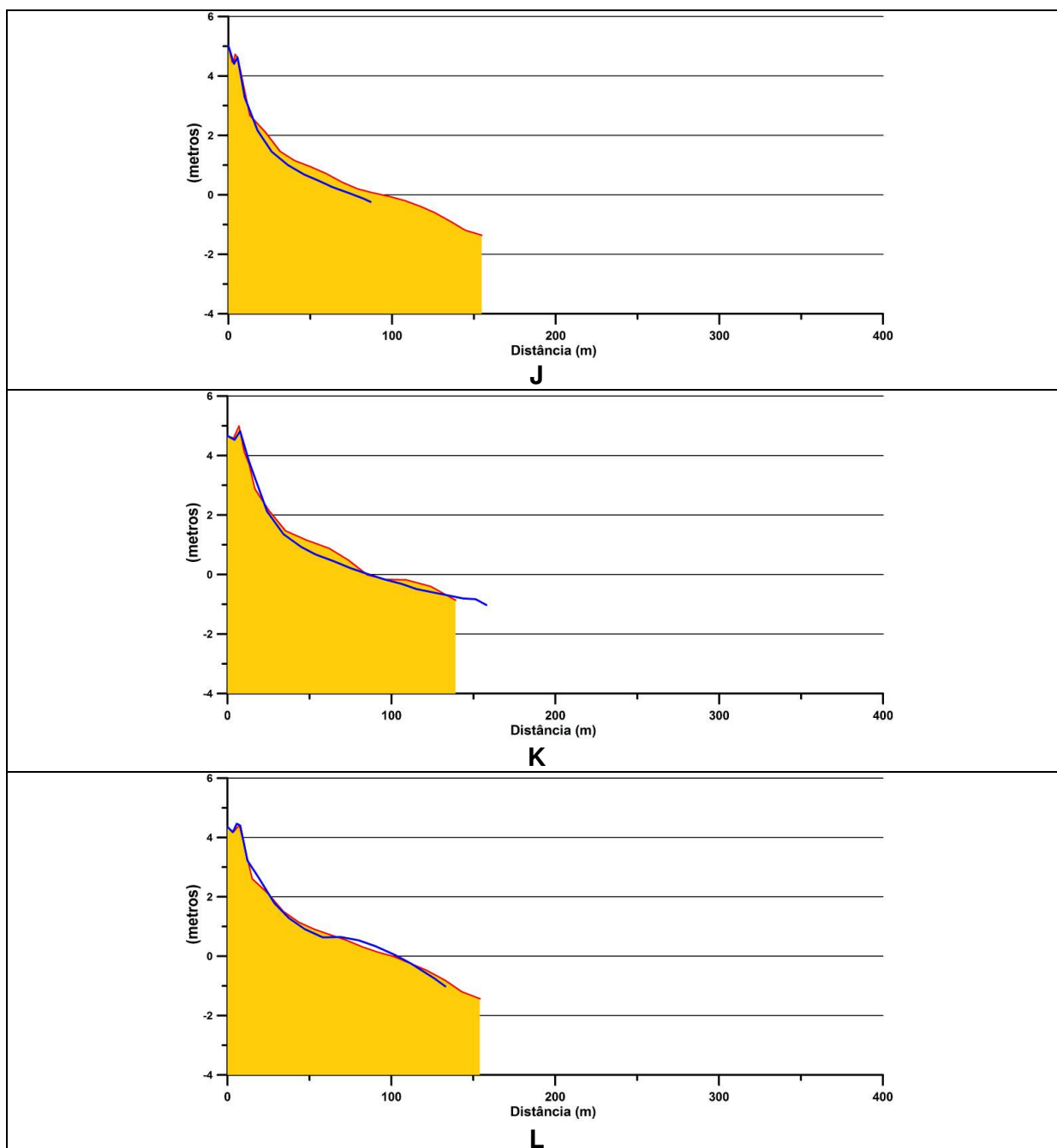


FIGURA 8.2.2-16 - Comparação entre os Perfis de Praia realizados ao longo da Ilha de Comandatuba (Perfis J, K e L) no verão (fevereiro de 2008 - cheio) e no inverno (agosto 2008 – azul). Consultar figura 10 para localização. A maré prevista para Ilhéus no ano de 2008 tem altura média de 2,11 m em sizígia e 0,58 m em quadratura acima do nível de redução do DHN (0 m no perfil).

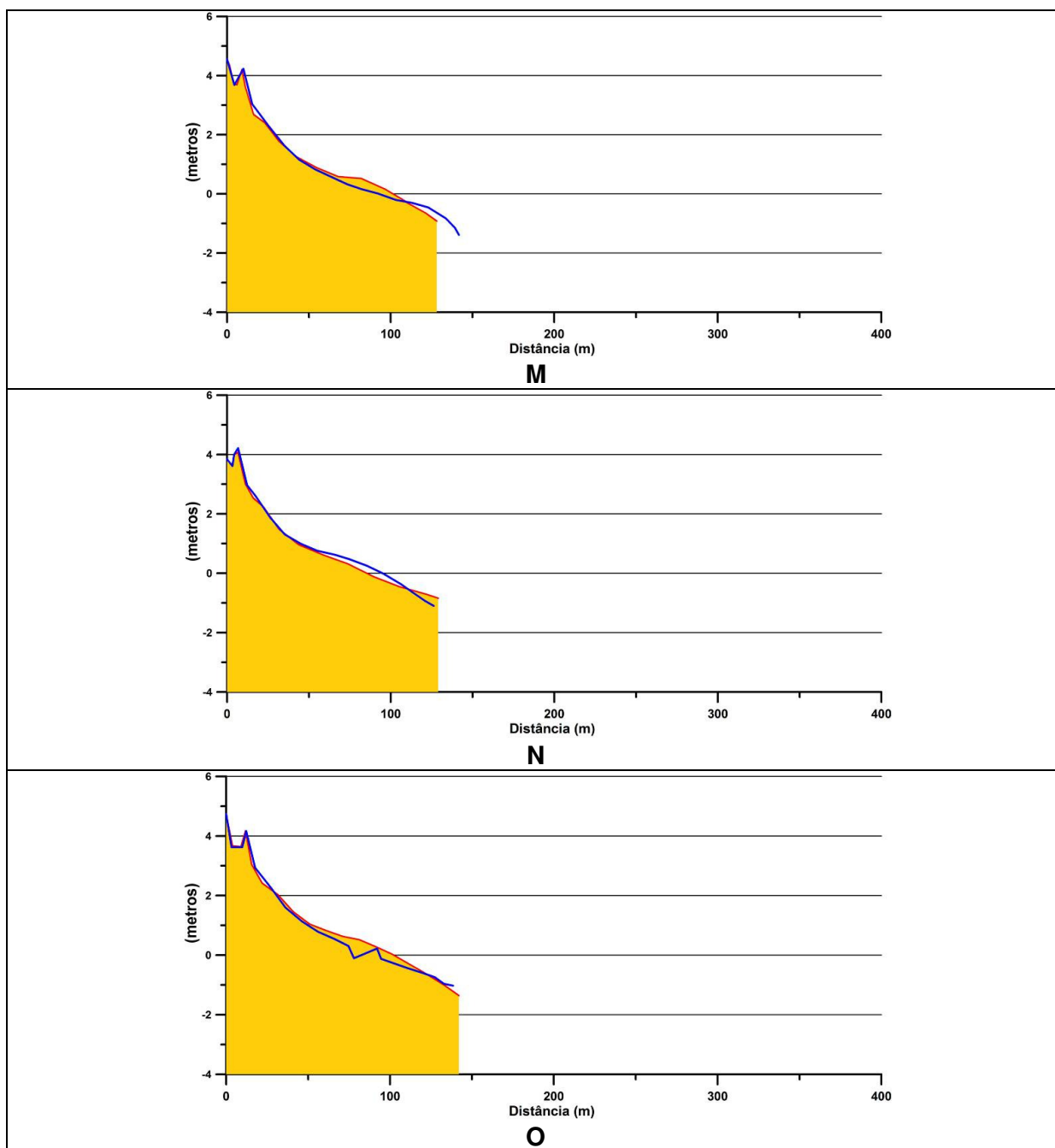
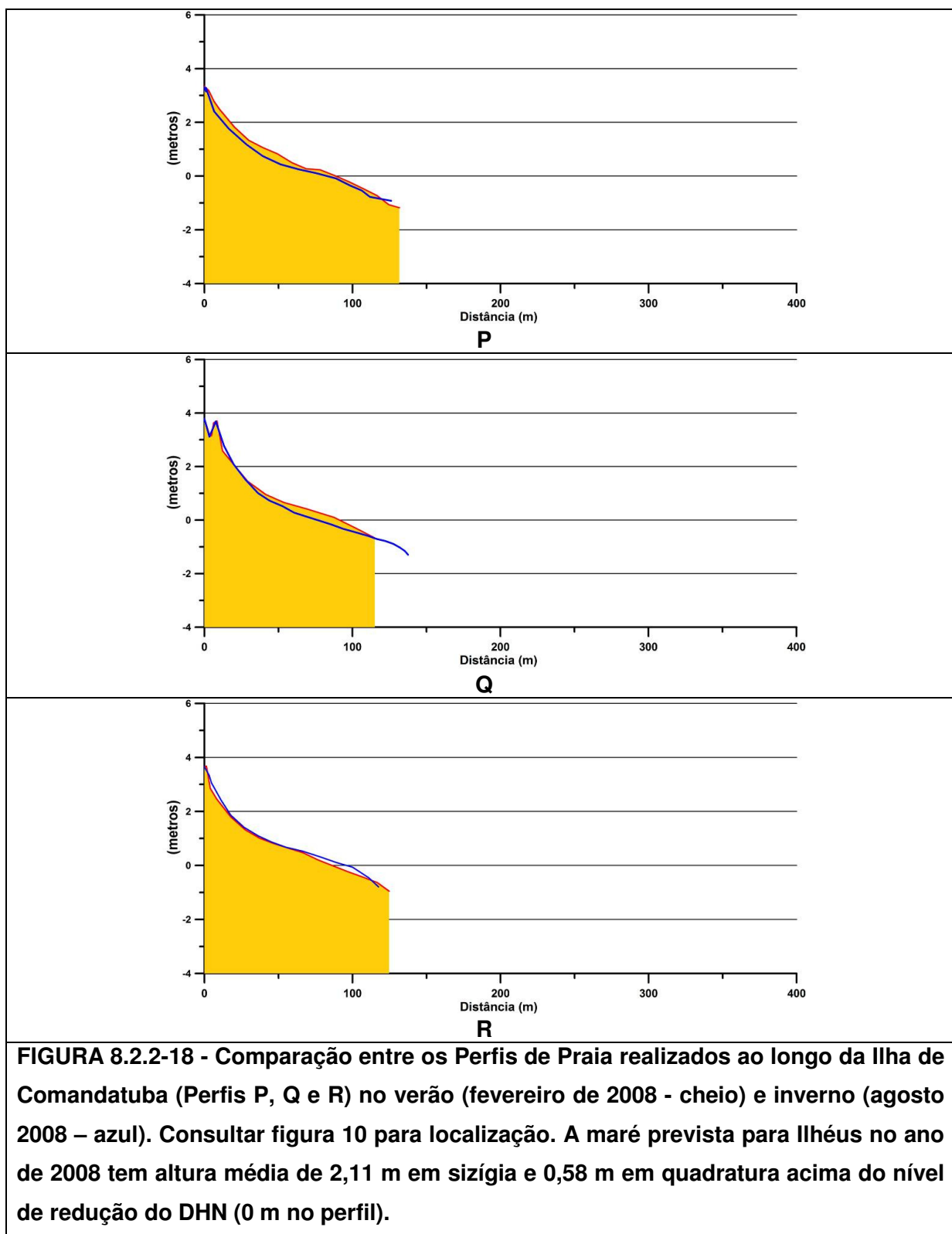


FIGURA 8.2.2-17 - Comparação entre os Perfis de Praia realizados ao longo da Ilha de Comandatuba (Perfis M, N e O) no verão (fevereiro de 2008 - cheio) e no inverno (agosto 2008 – azul). Consultar figura 10 para localização. A maré prevista para Ilhéus no ano de 2008 tem altura média de 2,11 m em sizígia e 0,58 m em quadratura acima do nível de redução do DHN (0 m no perfil).



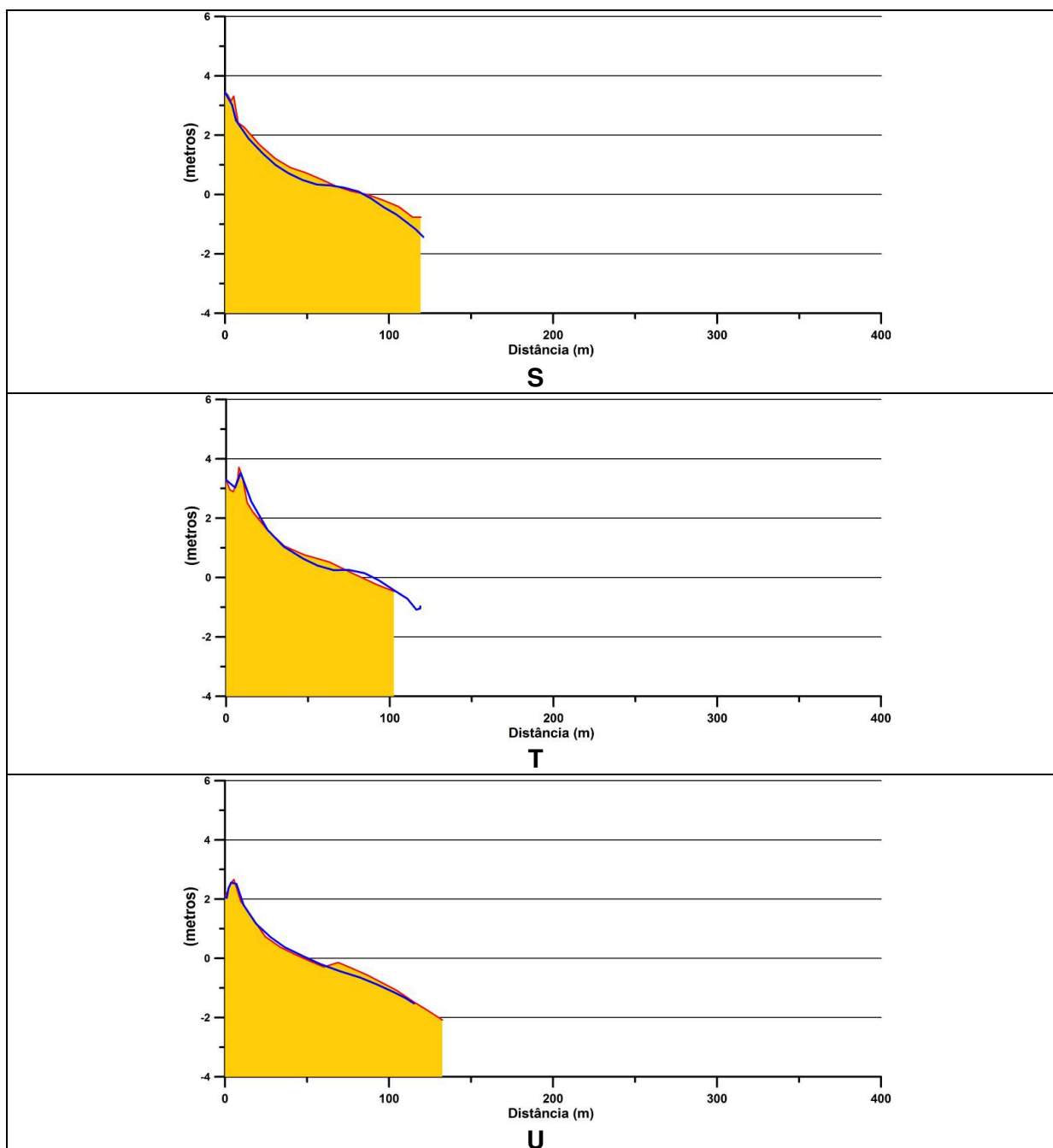


FIGURA 8.2.2-19 - Comparação entre os Perfis de Praia realizados ao longo da Ilha de Comandatuba (Perfis S, T e U) no verão (fevereiro de 2008 - cheio) e no inverno (agosto 2008 – azul). Consultar figura 10 para localização. A maré prevista para Ilhéus no ano de 2008 tem altura média de 2,11 m em sizígia e 0,58 m em quadratura acima do nível de redução do DHN (0 m no perfil).

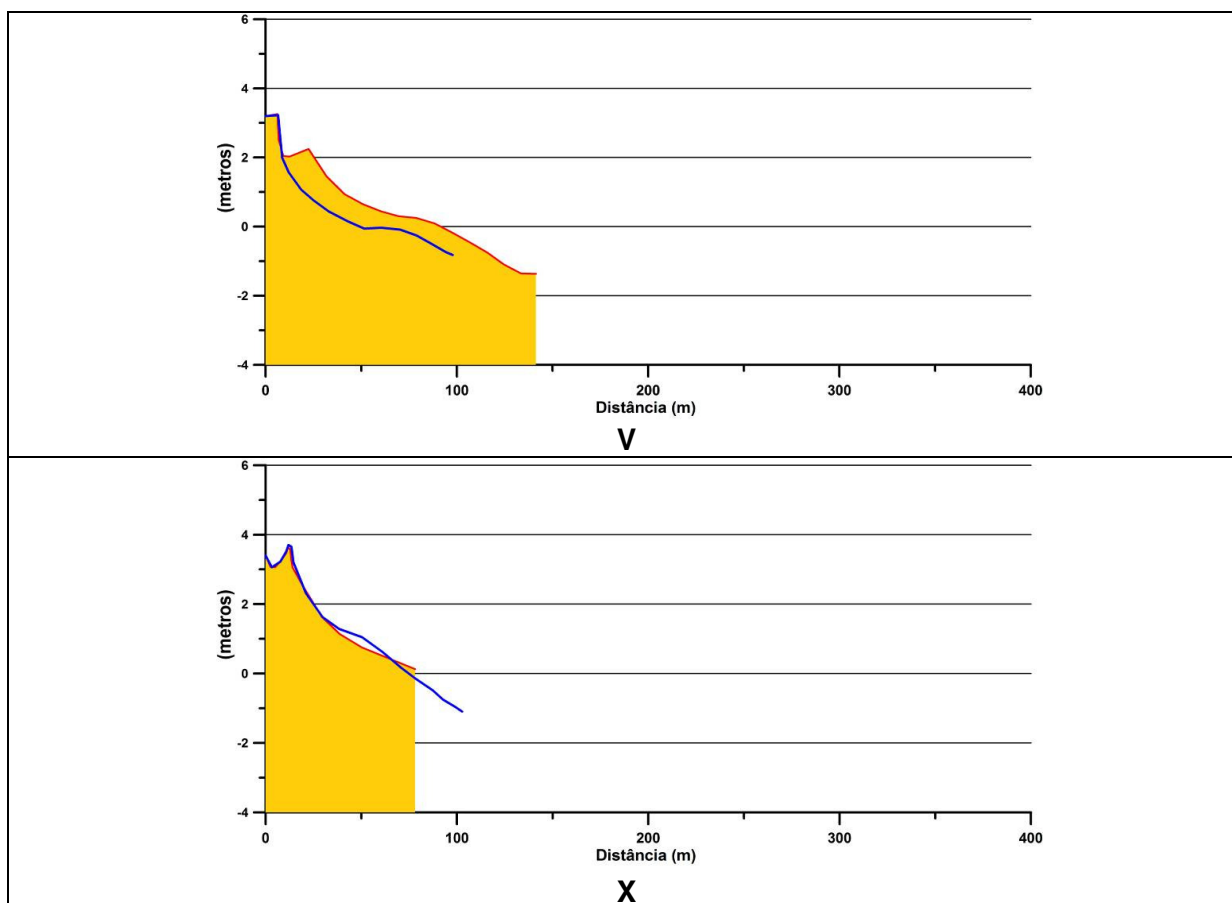


FIGURA 8.2.2-20 - Comparação entre os Perfis de Praia realizados ao longo da Ilha de Comandatuba (Perfis V e X) no verão (fevereiro de 2008 - cheio) e inverno (agosto 2008 – azul) (fevereiro de 2008). Consultar figura 10 para localização. A maré prevista para Ilhéus no ano de 2008 tem altura média de 2,11 m em sizígia e 0,58 m em quadratura acima do nível de redução do DHN (0 m no perfil).

8.2.2.4. Comportamento da linha de costa

A análise do comportamento da linha de costa foi realizada a partir da inspeção de campo e comparação de fotos aéreas verticais para o ano de 1974 (escala original 1:60.000) e imagem Ikonos de 03/03/2008 adquirida exclusivamente para a realização deste trabalho.

O georreferenciamento das aerofotos de 1974 foi feito a partir da imagem IKONOS, que foi adquirida já georreferenciada no nível **CARTERRA GEO**, com precisão de localização de até 15 m. Após o georreferenciamento, foi traçada a posição da linha de costa em todas as fotos. A linha de costa foi aqui considerada como a linha que marca o início da vegetação no pós-praia (**FIGURA 8.2.2-21**).

Deve-se chamar a atenção que o georreferenciamento das fotos de 1974 apresentou aspectos problemáticos, uma vez que muitas das feições culturais (estradas, construções, casas) presentes na imagem IKONOS não estão representadas nas mesmas. Adicionalmente, o elevado contraste das fotos de 1974 e a escala original das mesmas (1:60.000) não permitiu às vezes, visualizar com clareza o início da vegetação de pós-praia, considerada neste estudo como a nossa linha de costa.

Os aspectos mencionados acima afetaram a acurácia do georreferenciamento e, portanto, do mapeamento da posição da linha de costa. Com base em trabalhos anteriormente realizados pelo consultor para outras regiões do Brasil e na comparação do traçado de estradas nos documentos fotográficos para as duas datas (1974 e 2008), estima-se um erro médio em torno de 10-15 metros para a posição da linha de costa, traçada nas fotos de 1974. Desta forma, na análise que se segue, mudanças no posicionamento da linha de costa (avanços ou recuos) – de menos de 15 m nos últimos 30 anos – foram descartados. Na tentativa de superar estas limitações, todos os trechos de linha de costa que apresentaram variações de qualquer magnitude foram comparados visualmente, de modo a avaliar criticamente

se as mudanças verificadas realmente ocorreram e se foram inspecionadas em campo.

Após traçadas as posições da linha de costa, foi utilizado o aplicativo Digital Shoreline Analysis System (DSAS) versão 3.2, criado por E. Robert Thieler do Serviço Geológico Americano através do seu Programa de Geologia Marinha e Costeira (USGS – Open-File Report 2005-1304). O DSAS funciona como uma extensão para ser utilizada no ArcGis® v.9.0.

Além da análise com o DSAS, foi percorrida toda a linha de costa ao longo da Ilha (**FIGURAS 8.2.2-22 a 8.2.2-24**) e entrevistados os moradores mais antigos, sobre memórias que os mesmos pudessem ter em relação à posição da linha de costa. Esta abordagem se mostrou bastante útil na reconstrução do comportamento da linha de costa como se mostrará mais adiante.

Com o aplicativo DSAS foi calculado o movimento experimentado pela linha de costa entre 1974 e 2008, ao longo de 187 transectos, aproximadamente perpendiculares à linha de costa e espaçados em 100 metros (**FIGURA 8.2.2-25**).

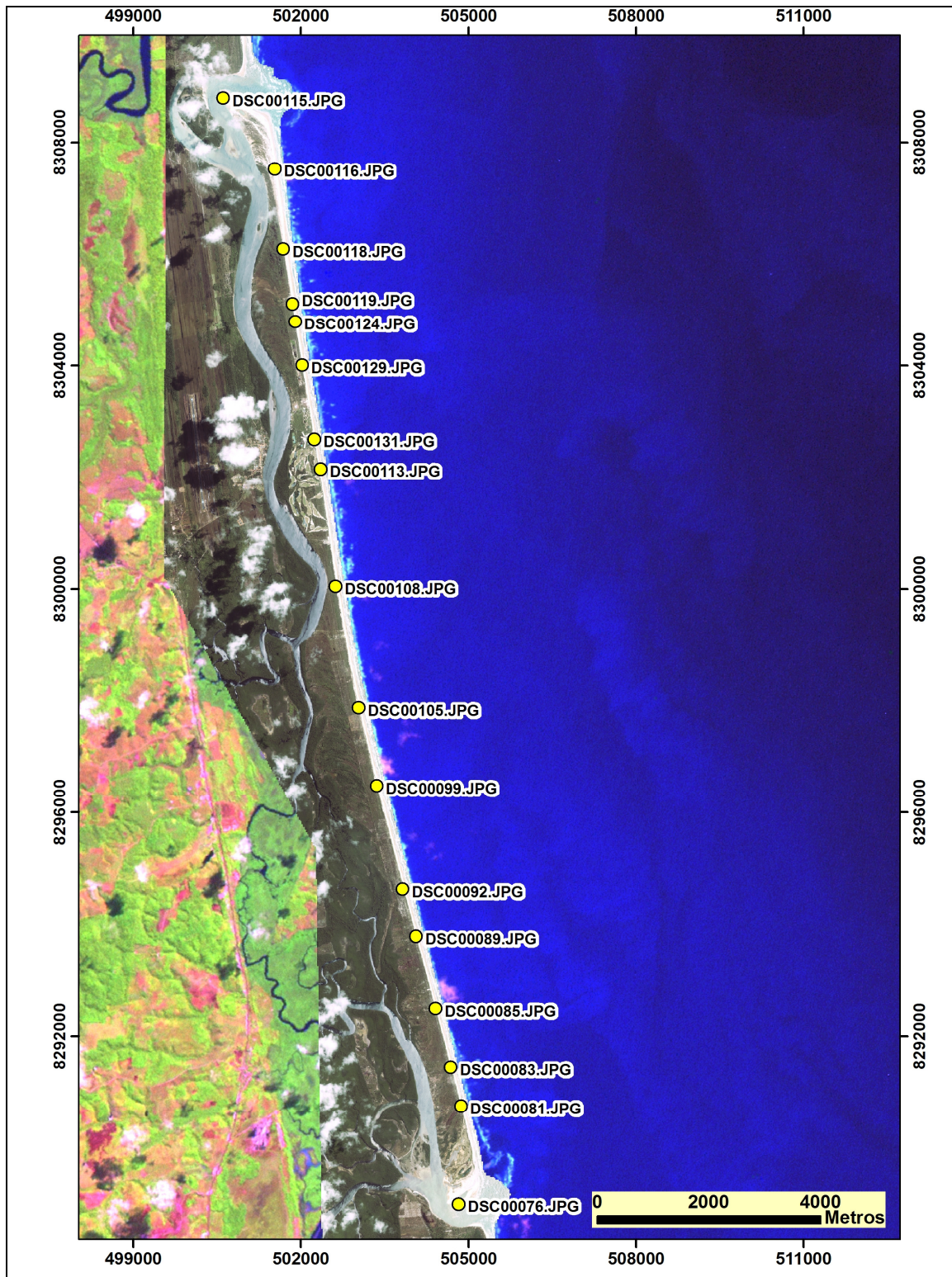


FIGURA 8.2.2-21 – Localização das fotografias tiradas ao longo da linha de costa no dia 27 de abril de 2008.



DSC00115.JPG



DSC00116.JPG



DSC00118.JPG



DSC00119.JPG



DSC00124.JPG



DSC00129.JPG

FIGURA 8.2.2-22 – Observar a presença, em algumas das fotos, de um amplo terraço arenoso com vegetação rasteira de restinga onde ainda não foram plantados coqueiros, indicativo de progradação recente da linha de costa. Este terraço é mais amplo justamente naqueles trechos onde a análise DSAS, indicou uma maior progradação da linha de costa. Consultar figura 8.2.2-21 para localização.



DSC00131.JPG



DSC00113.JPG



DSC00108.JPG



DSC00105.JPG



DSC00099.JPG



DSC00092.JPG

FIGURA 8.2.2-23 – Observar a presença, em algumas das fotos, de um amplo terraço arenoso com vegetação rasteira de restinga onde ainda não foram plantados coqueiros, indicativo de progradação recente da linha de costa. Neste terraço a análise DSAS indicou uma maior progradação da linha de costa (por exemplo fotos DSC00108, DSC00105 e DSC00099) . Consultar figura 8.2.2-21 para localização.



FIGURA 8.2.2-24 – Observar a presença, em algumas das fotos, de um amplo terraço arenoso com vegetação rasteira de restinga onde ainda não foram plantados coqueiros, indicativo de progradação recente da linha de costa. Neste terraço a análise DSAS indicou uma maior progradação da linha de costa.

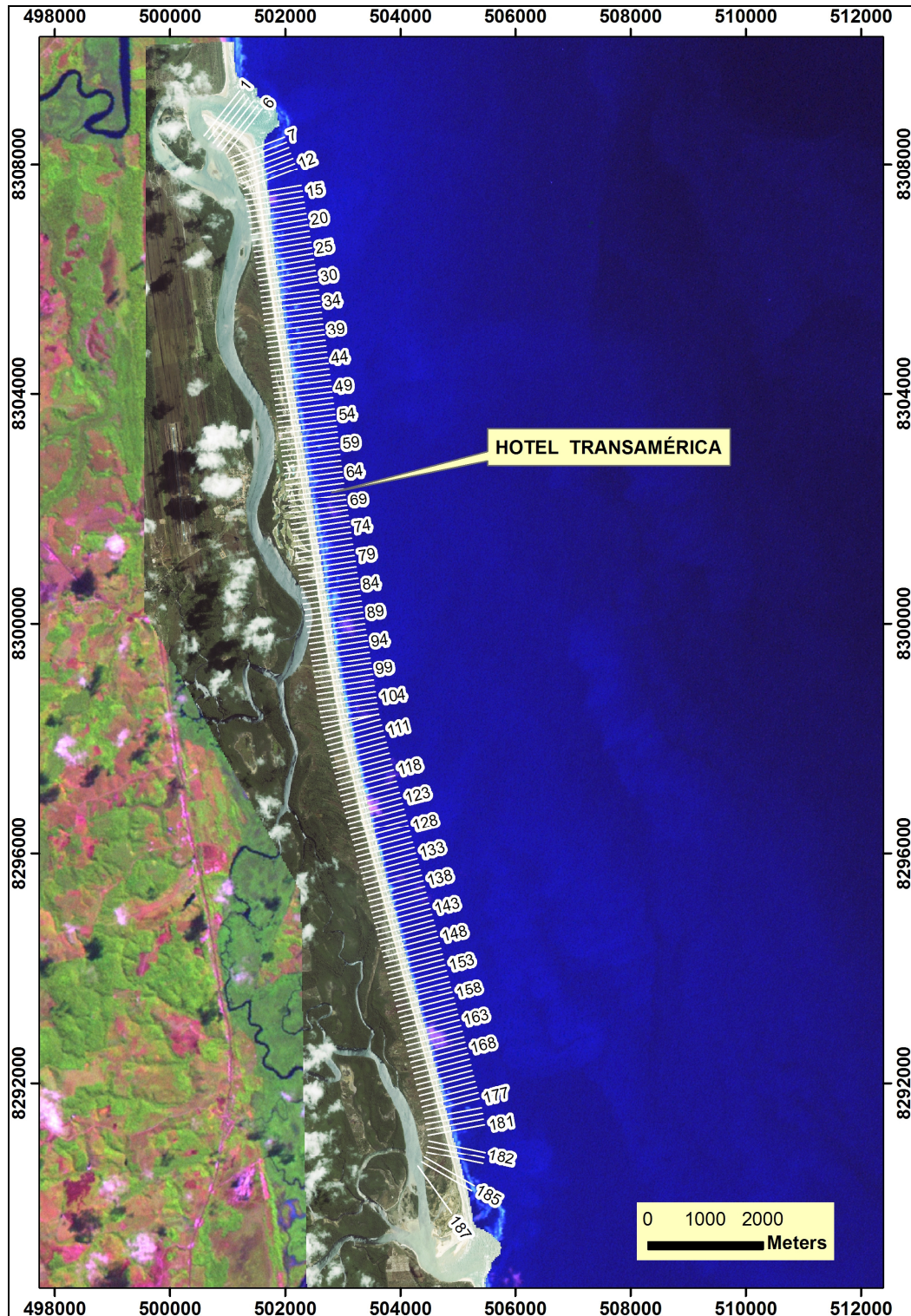


FIGURA 8.2.2-25 – Localização dos 187 transectos perpendiculares à linha de costa, e espaçados de 100 m, onde foram medidos os deslocamentos da linha de costa nos últimos 34 anos (1974-2008).

O resultado encontrado está apresentado na **FIGURA 8.2.2-26**, que mostra que nos últimos 34 anos a linha de costa avançou em toda a Ilha. O avanço maior ocorreu na porção central da Ilha (aprox. 60 m), diminuindo tanto no sentido norte quanto no sentido sul, principalmente no trecho em frente ao Hotel Transamérica o que parece refletir a tendência à erosão mais recente neste trecho. A Barra Sul, no mesmo período exibiu uma grande mobilidade, migrando cerca de 1500 metros no sentido sul (**FIGURA 8.2.2-27**).

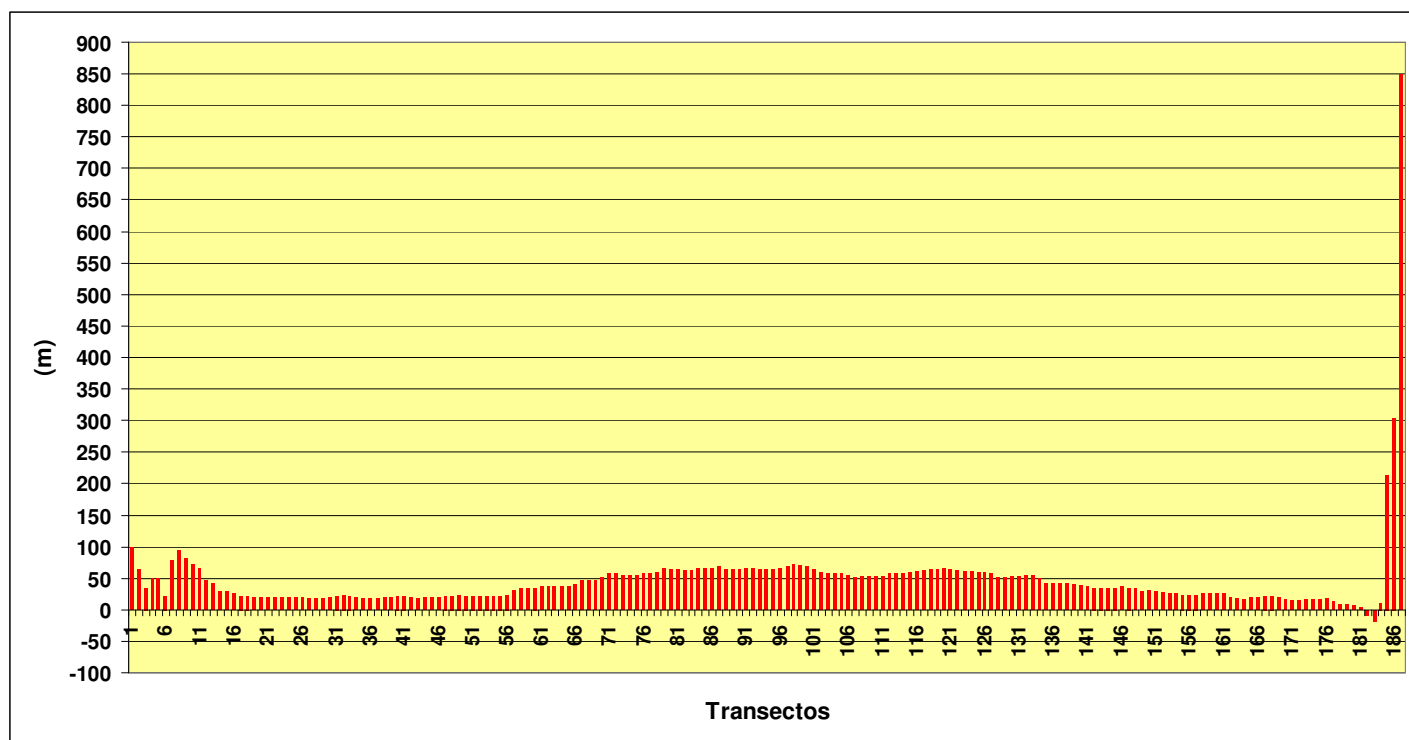


FIGURA 8.2.2-26 – Resultado da análise DSAS. As barras vermelhas indicam o deslocamento da linha de costa nos últimos 34 anos. Observar que houve progradação ao longo de toda a Ilha incluindo suas extremidades. O deslocamento da linha de costa de 850 m na extremidade sul da Ilha (transecto 187) reflete a migração da Barra Sul, no sentido de sul, no período investigado. A propriedade do Hotel Transamérica se situa aproximadamente entre os transectos 55 e 79. Notar que na porção central da Ilha a linha de costa avançou em média 60 m nos últimos 34 anos.



FIGURA 8.2.2-27 – Modificações na posição da linha de costa experimentadas pelas Barras Norte (A) e Sul (B) nos últimos 34 anos. A linha de costa de 1974 (linha vermelha) está plotada sobre a imagem Ikonos de 2008.

A Barra Norte embora não tenha migrado para norte exibiu mudanças dramáticas em sua configuração (**FIGURAS 8.2.2-28 a 8.2.2-31**). É muito provável que a erosão em frente ao Hotel Transamérica resulte destas mudanças que alteram a capacidade de armazenamento de sedimentos na Barra Norte. Deste modo, toda a vez que a capacidade de armazenamento é aumentada, um volume significativo de sedimento é subtraído da linha de costa imediatamente a sul, para construir o pontal arenoso, como parece ter ocorrido nos últimos 08 anos.

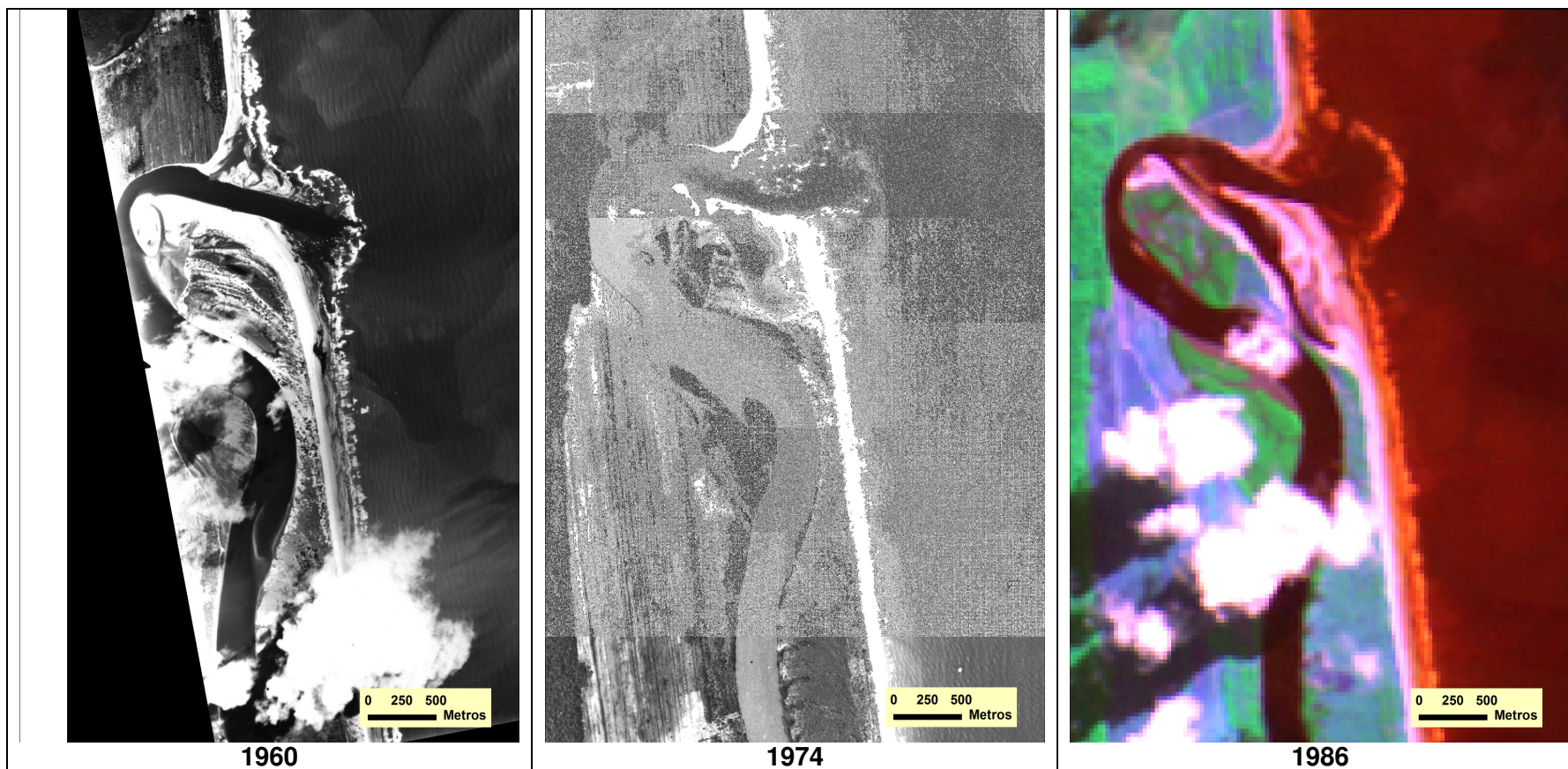


FIGURA 8.2.2-28 – Mudanças na desembocadura do Rio Comandatuba (Barra Norte) entre 1960 e 1986

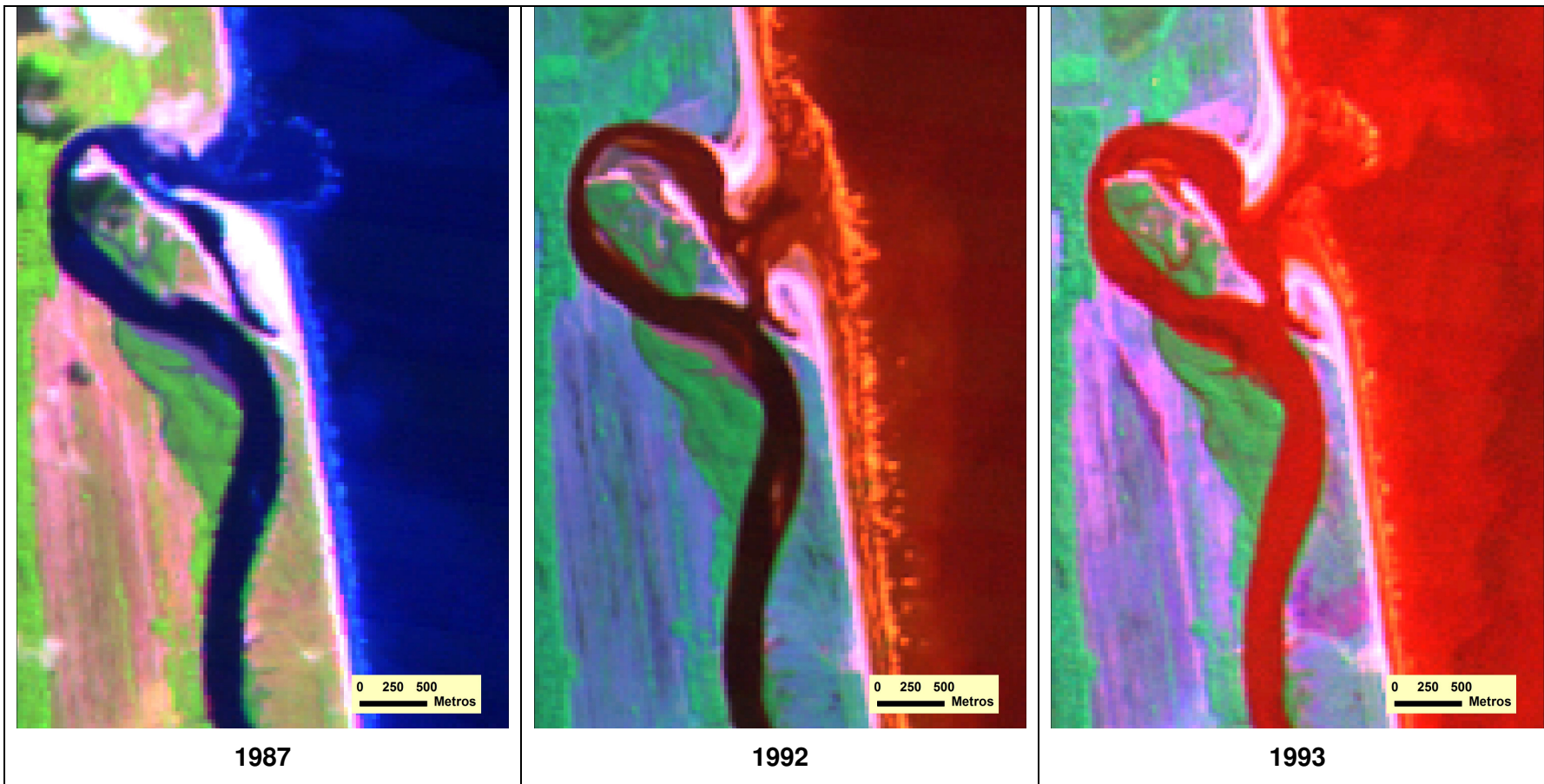


FIGURA 8.2.2-29 – Mudanças na desembocadura do Rio Comandatuba (Barra Norte) entre 1987 e 1993

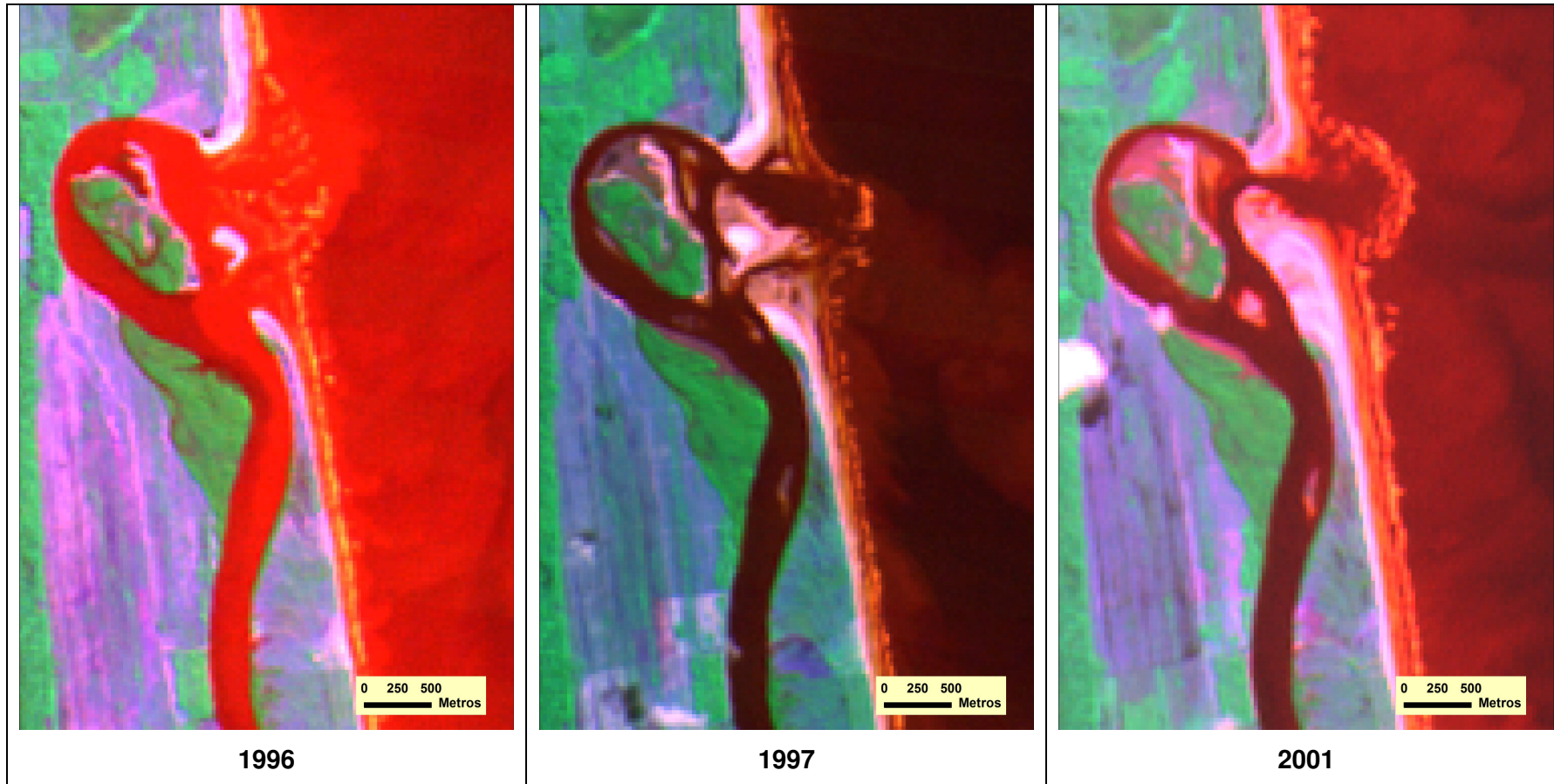


FIGURA 8.2.2-30 – Mudanças na desembocadura do Rio Comandatuba (Barra Norte) entre 1996 e 2001

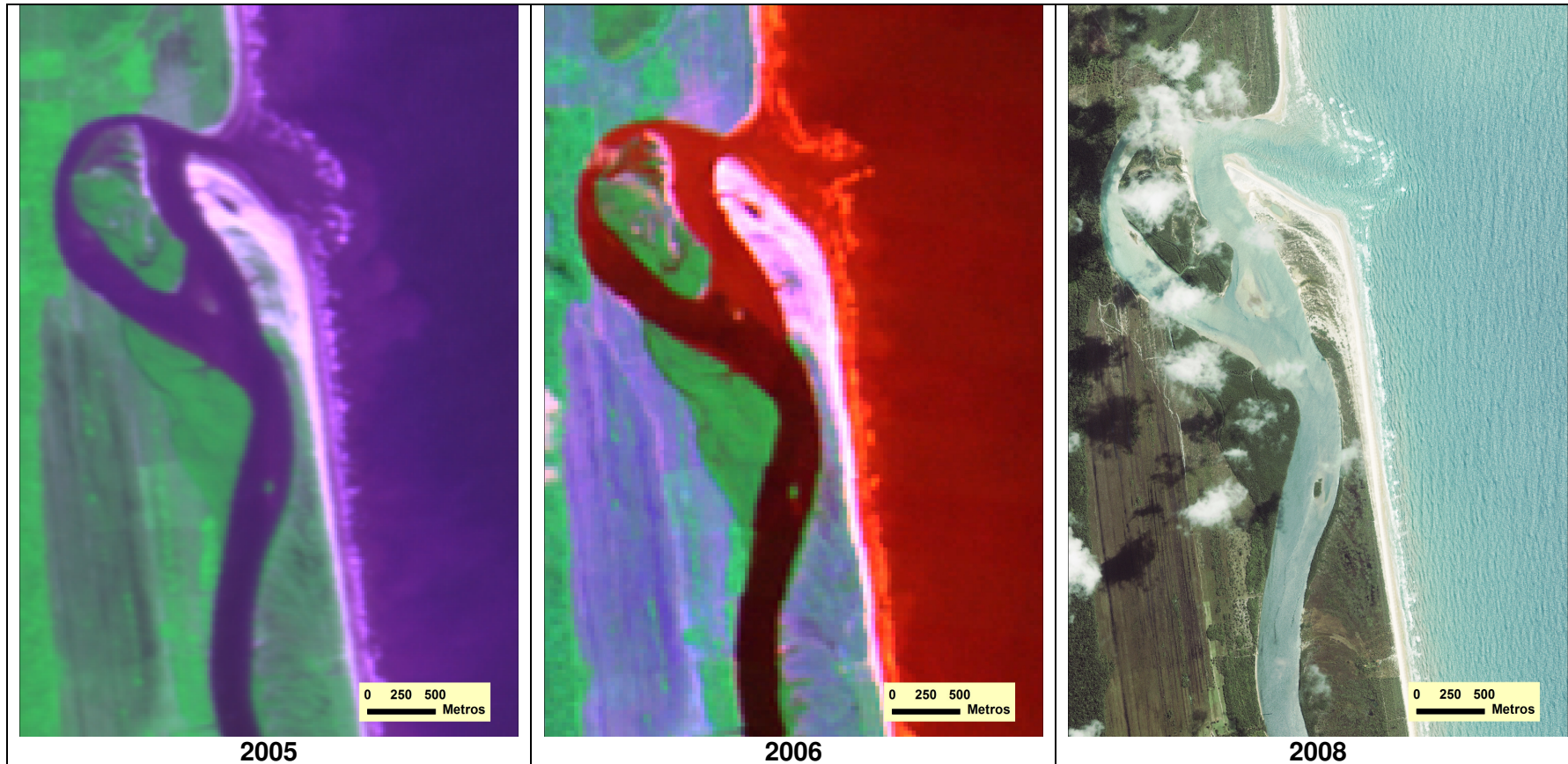


FIGURA 8.2.2-31 – Mudanças na desembocadura do Rio Comandatuba (Barra Norte) entre 2005 e 2008.

Os resultados da análise DSAS foram corroborados pelas evidências de campo.

As entrevistas com os moradores permitiram descortinar um aspecto muito interessante sobre a evolução da Ilha. Um morador em particular, nos mostrou em sua propriedade, um coqueiro antigo bastante alto que, segundo o mesmo, corresponde a posição da linha de costa quando ainda era criança, ou seja há quase 50 anos (**FIGURA 8.2.2-32**). A posição deste coqueiro quando projetada lateralmente coincide com um limite bem definido entre uma plantação de coqueiros antigos e a vegetação rasteira de restinga. Este limite é claramente visível na imagem Ikonos de 2008 conforme mostram as **FIGURAS 8.2.2-32 e 8.2.2-33**. Isto indica que a linha de costa nos últimos 50 anos avançou aproximadamente 100 metros costa afora, correspondendo a uma taxa de 1-2m/ano. Esta conclusão é corroborada por várias evidências de campo supracitadas. Deste modo, nos últimos 50 anos a linha de costa exibiu uma tendência geral para progradação, ainda que pontuada por episódios de erosão como aquele que atualmente afeta a propriedade do Hotel Transamérica, o qual parece estar diretamente relacionado com a dinâmica da desembocadura do rio Comandatuba (Barra Norte) como observado acima.

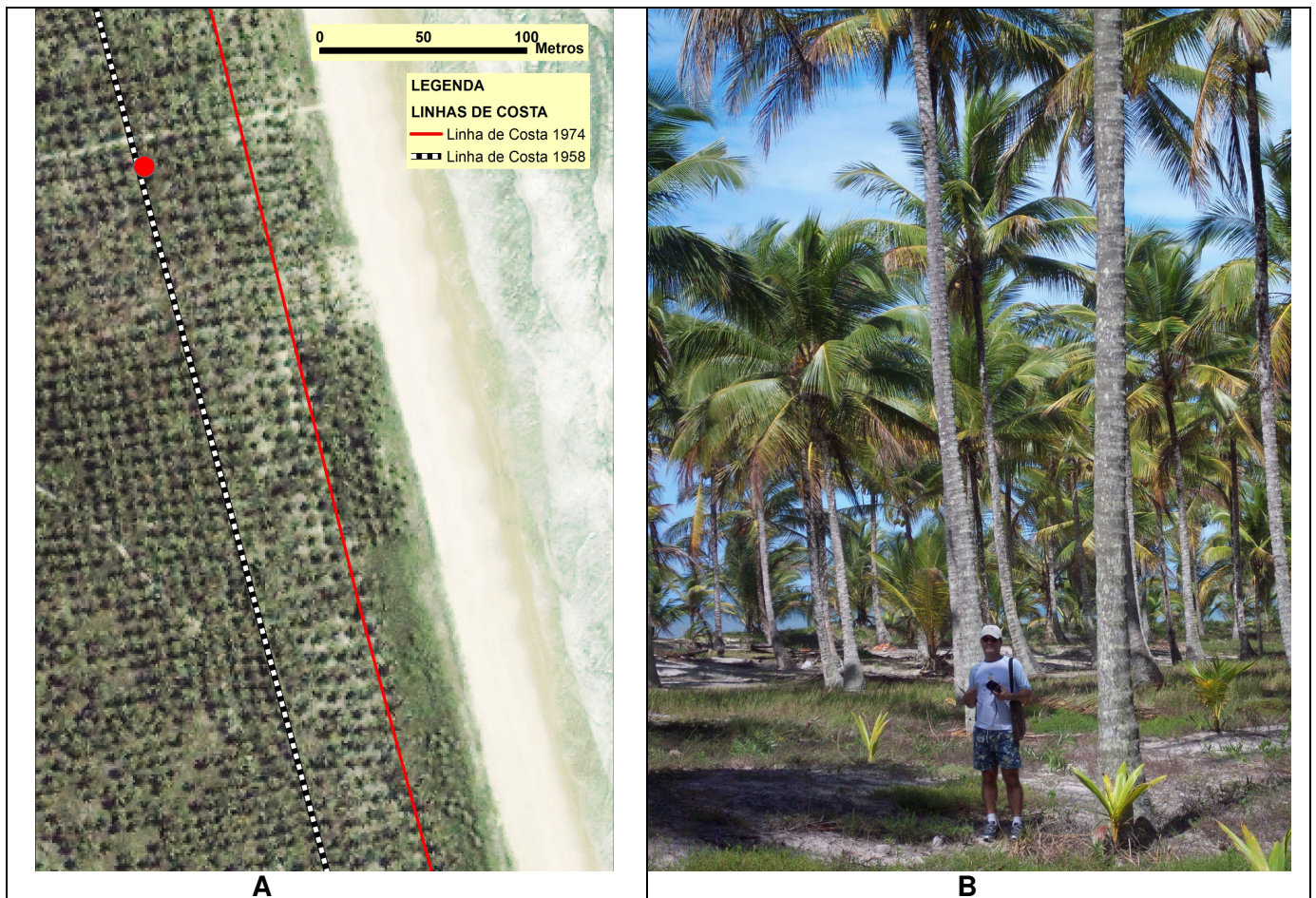


FIGURA 8.2.2-32 – A - Linhas de Costa para os anos de 1974 (fotos aéreas) e 1958 (relato de moradores) plotadas sobre imagem Ikonos de 2008. O ponto vermelho indica o coqueiro indicado pelo morador local onde estaria posicionada a linha de costa em 1958 (B).

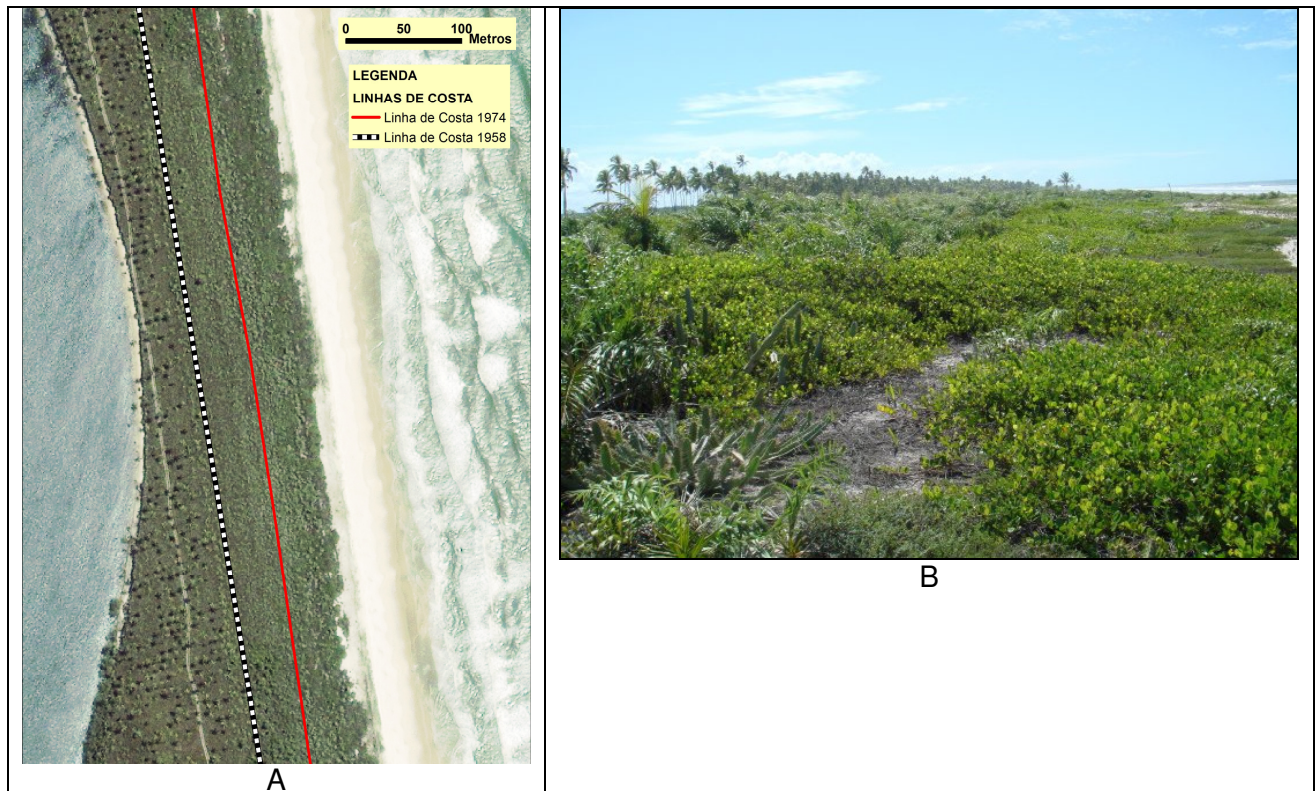


FIGURA 8.2.2-33 – A - Linhas de Costa para os anos de 1974 (fotos aéreas) e 1958 (relato de moradores) plotadas sobre imagem Ikonos de 2008. B – Foto de campo do trecho mostrado em A. A linha de coqueiros ao fundo corresponde aproximadamente com a posição da linha de costa em 1958.

8.2.3. Qualidade das águas

O levantamento da qualidade das águas sob influência do empreendimento foi realizado pela obtenção de dados primários da área, em duas coletas. A primeira, representando a estação seca (verão), foi realizada no período de 24 e 25 de fevereiro de 2008. A segunda campanha foi realizada entre os dias 04 e 05 de agosto de 2008, representando o período de inverno. No entanto, embora tenham ocorridos chuvas freqüentes na semana anterior, a coleta de inverno foi realizada em condições de tempo bom, ventos fracos e sem ocorrência de chuvas.

Foram contempladas as seguintes áreas: borda oceânica da Ilha de Comandatuba (04 estações), a faixa de praia sob influência direta do empreendimento (04 estações) e a zona estuarina (04 estações), totalizando 12 estações de amostragem.

A seguir são apresentados: a rede de amostragem, os procedimentos metodológicos adotados durante as coletas e os resultados obtidos no presente estudo.

8.2.3.1. Metodologia

8.2.3.1.1 Malha de amostragem

A malha de amostragem foi elaborada de modo a contemplar todas as áreas sob alguma influência do empreendimento ora proposto, as quais podem ser subdivididas em três zonas: oceânica (mar), costeira (praias) e estuarina (rios). Para cada uma destas, foram selecionadas 04 estações de amostragem, inicialmente georreferenciadas em Imagem IKONOS e, em seguida, confirmadas ou corrigidas em campo.

A codificação das estações foi determinada a partir da união de uma sigla do cliente (TRM – de Transamérica), a zona correspondente à estação avaliada (OC – Oceânica, RIO – Estuário do rio Comandatuba e BAL – Balneabilidade das Praias) e o número de ordem (TRMRIO01,... e TRMRIO04)

Os deslocamentos em campo foram feitos com auxílio de equipamento GPS – Global Positioning System, da marca Garmin - 16 canais, utilizando o sistema de coordenadas WGS 84 como DATUM padrão. O **QUADRO 8.2.3-1** apresenta a relação de estações de amostragem, códigos e suas respectivas coordenadas. A **FIGURA 8.2.3-1** apresenta um mapa de localização das estações de amostragem de água contempladas no presente estudo.

QUADRO 8.2.3-1 – Relação de estações de amostragem contempladas na avaliação da qualidade das águas na área de influência do empreendimento.

| CÓDIGO | COORDENADAS (DATUM WGS 84) | | ZONA |
|-----------|-------------------------------|---------|-----------|
| | X | Y | |
| TRMOC01 | 0503344 | 8302040 | OCEÂNICA |
| TRMOC02 | 0502899 | 8303818 | |
| TRMOC03 | 0502867 | 8305596 | |
| TRMOC04 | 0503090 | 8307692 | |
| TRMRIO01 | 0501729 | 8301272 | ESTUARINA |
| TRMRIO02 | 0501664 | 8302707 | |
| TRMRIO03 | 0501136 | 8304405 | |
| TRMRIO04 | 0501060 | 8306097 | |
| TRMBAL01 | 0502586 | 8301158 | PRAIA |
| TRM BAL02 | 0502522 | 8301598 | |
| TRMBAL03 | 0502421 | 8302202 | |
| TRMBAL04 | 0502330 | 8302779 | |

FIGURA 8.2.3-1 – Mapa de localização das estações de amostragem da avaliação da qualidade das águas na área de influência do empreendimento.

8.2.3.1.2. Parâmetros Selecionados

A seleção dos parâmetros para análise das amostras de água foi feita em função dos diferentes graus de interferência que o empreendimento pode vir a exercer nas zonas sob influência do mesmo. Desta forma, ficou estabelecido que nas zonas oceânica e estuarina um mesmo conjunto de indicadores seria avaliado: Temperatura, Profundidade Secchi, Salinidade, pH, Oxigênio Dissolvido, Saturação de oxigênio, Turbidez, Sólidos suspensos, Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, *Enterococos*, Fósforo total, Nitrogênio amoniacal, Carbono Orgânico Total, Nitrato e Óleos e graxas. Já na faixa de praia seriam contemplados apenas aqueles parâmetros indicadores da condição de balneabilidade da área: pH, Temperatura, Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e *Enterococos*.

O **QUADRO 8.2.3-2** apresenta a relação de parâmetros avaliados, com seus respectivos métodos de análise, limite de detecção e os valores de referência da Resolução CONAMA 357/05³⁵ para águas salinas da Classe 1.

Nas estações oceânicas e estuários foram coletadas amostras de superfície, meio e fundo, sendo que nas duas últimas profundidades não foram avaliadas as parâmetros: Óleos e Graxas, Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e *Enterococos*.

³⁵ CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução no 357 de 17 de março de 2005. Disponível em: www.anp.gov.br

QUADRO 8.2.3-2 – Relação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos contemplados na avaliação da qualidade das águas na área de influência do empreendimento.

| PARÂMETRO | Unidade | RESP. PELA ANÁLISE | MÉTODO DE ANÁLISE | LDM* | CONAMA** |
|----------------------------|------------|--------------------|----------------------------|-------|-----------------------|
| Temperatura | °C | BMA | Sonda Hydrolab | - | - |
| Profundidade Secchi | m | BMA | Disco de Secchi | - | - |
| Salinidade | - | BMA | Sonda Hydrolab | - | - |
| pH | - | BMA | Sonda Hydrolab | - | 6,5-8,5 |
| Oxigênio Dissolvido | mg/L | BMA | Sonda Hydrolab | - | ≥ 6,0 |
| Saturação de oxigênio | % | BMA | Sonda Hydrolab | - | - |
| Fósforo total | mg/L | SENAI / CETIND | EN 013 QGI (SMEWW 4500 P) | 0,02 | - |
| Nitrogênio amoniacal | mg/L | SENAI / CETIND | M QGI 039 (SM 4500NH3 F) | 0,01 | 0,4 |
| Carbono Orgânico Total | mg/L | SENAI / CETIND | M QGI 058 (SM 5310 D) | 1,00 | 3,0 |
| Nitrato | mg/L | SENAI / CETIND | M QGI 041 (SM 4500NO3 E) | 0,30 | 0,4 |
| Turbidez | UNT | SENAI / CETIND | EN 021 QG (SM 2130 B) | 0,64 | - |
| Sólidos suspensos | mg/L | SENAI / CETIND | M QGI 025 (SMEWW 2540 D) | 10,00 | - |
| Óleos e graxas | mg/L | SENAI / CETIND | M QGI 032 (SM 5520C) | 1,00 | Virtualmente ausentes |
| Coliformes termotolerantes | UFC/100 mL | SENAI / CETIND | EN 005 MIC (SM 9222 A,B,D) | 1,00 | 2,5 x 10 ³ |
| Escherichia coli | UFC/100 mL | SENAI / CETIND | EN 021 MIC (SM 9213 D) | 1,00 | 2,0 x 10 ³ |
| Enterococos | UFC/100 mL | SENAI / CETIND | EN 019 MIC (SM 9230 A,C) | 1,00 | 400 x 10 ² |

* LDM = Limite de Detecção do Método

** LIMITE CONAMA 357/05 Águas Salinas Classe 1

8.2.3.1.3. Coletas

Para realização das coletas, foi montada uma logística própria para cada área avaliada, particularmente quanto à forma de acesso às estações de amostragem, devido à necessidade de atendimento do prazo de validade das amostras, que para alguns parâmetros não deveria ultrapassar 24 horas. Nas estações posicionadas na faixa de praia foi utilizado um veículo modelo “buggy” (**FIGURA 8.2.3-2**). Nas estações dentro do estuário foi utilizado um barco de alumínio de 7 m equipado com motor de popa. Finalmente, nas estações oceânicas foi utilizada uma lancha de passeio (**FIGURA 8.2.3-3**).



FIGURA 8.2.3-2 – Veículo utilizado durante as coletas na faixa de praia do empreendimento.



FIGURA 8.2.3-3 – Embarcações utilizadas para os trabalhos nas zonas oceânica e estuarina.

As amostragens de água foram feitas de maneiras diversas, dependendo da zona de amostragem e do tipo de amostra a ser coletada. Nas estações oceânicas (TRMOC) foram coletadas amostras em três estratos da coluna d'água em cada uma das 04 estações - superfície, meio e fundo – sendo as duas últimas obtidas com o uso de garrafa amostradora de “Van Dorn” (**FIGURA 8.2.3-4**).



FIGURA 8.2.3-4 – Garrafa amostradora de “Van Dorn” utilizada para as coletas das amostras de meio e fundo

As amostras de coliformes fecais, óleos e graxas e de superfície foram coletadas de forma direta, com auxílio de béquer plástico (**FIGURA 8.2.3-5**). Nas estações situadas no estuário (TRMRIO) apenas amostras de superfície e fundo foram coletadas, por conta da baixa profundidade do canal de maré avaliado (máximo de 4,5 m), e profundidade secchi inferior a 1m.

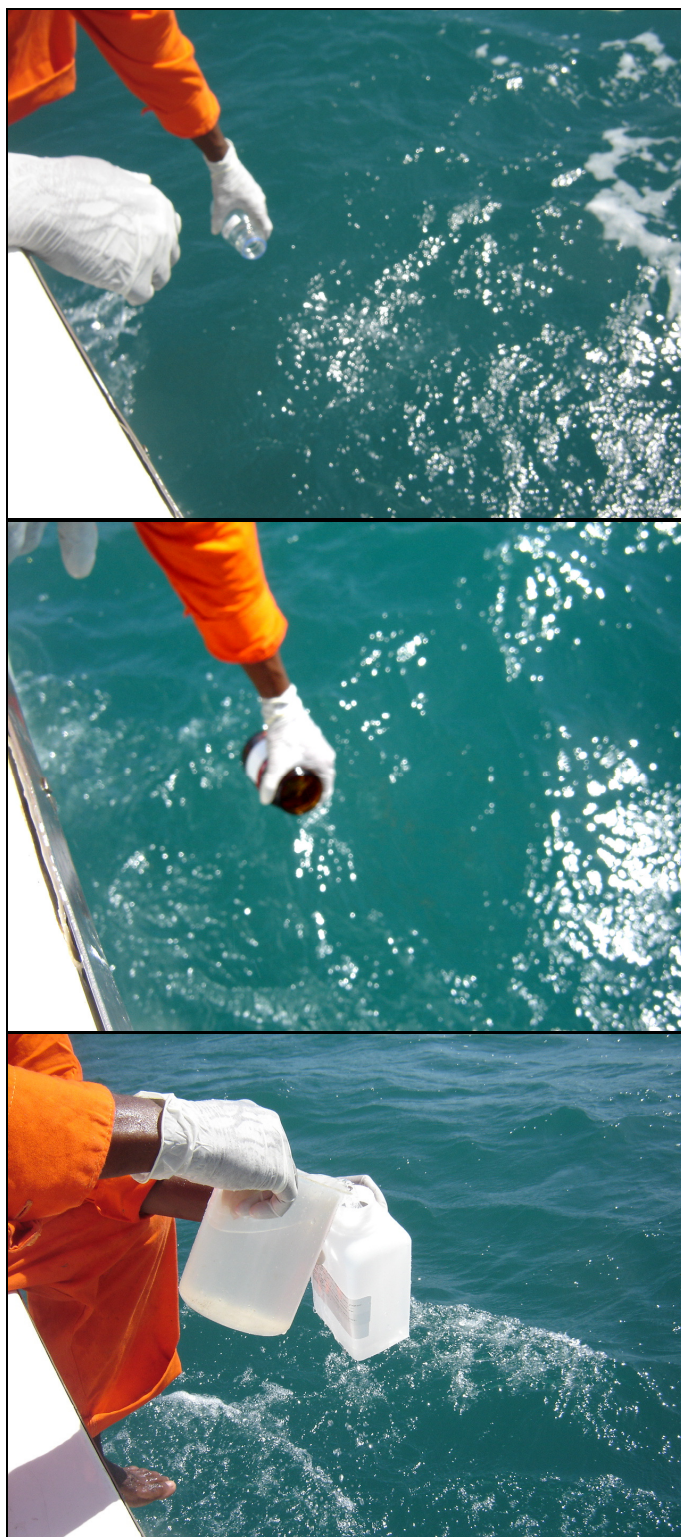


FIGURA 8.2.3-5 – Coleta das amostras de superfície: coliformes (acima), óleos e graxas (meio), e demais parâmetros (abaixo).

Nas estações posicionadas na faixa de praia da Ilha de Comandatuba (TRMBAL), as coletas das amostras microbiológicas foram feitas na zona de arrebentação (**FIGURA 8.2.3-6**). Antes da coleta das amostras, o coletor fazia a descontaminação das mãos com álcool 96%.



FIGURA 8.2.3-6 – Amostragens de coliformes na faixa de praia sob influência do empreendimento.

A medição dos parâmetros de campo foi feita por meio de uma sonda multi-paramétrica de marca HYDROLAB, modelo Quanta, a qual foi calibrada antes do início dos trabalhos.

Todas as amostras foram preservadas em caixas de polietileno contendo gelo, e enviadas ao Laboratório SENAI / CETIND, em Salvador. Apenas na segunda campanha de amostragem, em agosto de 2008, algumas amostras para análise de coliformes termotolerantes passaram um pouco de 24 horas para serem entregues. Isto ocorreu por conta de atrasos na liberação da carga no aeroporto de Salvador.

8.2.3.1.4. Processamento e interpretação dos resultados

Os dados obtidos nas amostras de água serão comparados com os limite de referência da Classe 1 de águas salinas da Resolução CONAMA 357/05. Mesmo os dados das amostras estuarinas serão comparados com a mesma Classe, pois os valores de salinidade medidos nas quatro estações TRMRIO foram superiores a 30. Já para as amostras microbiológicas, serão utilizados os padrões de balneabilidade da Resolução CONAMA 274/00³⁶, em particular os limites de “balneabilidade imprópria” para amostras isoladas de cada um dos indicadores avaliados.

Foram confeccionados gráficos do tipo Box-plot, apresentando os resultados de cada estação de amostragem – a partir do agrupamento dos valores obtidos nos diferentes estratos (superfície, meio e fundo). A análise do comportamento dos indicadores ao longo da coluna d’água foi ilustrada por meio da apresentação de gráficos de perfil elaborados no aplicativo Microsoft Excel 2007.

Para comprovar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as duas campanhas de amostragem, com relação as variáveis avaliadas, foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Whitney, já que as distribuições não foram normais ou seus desvios padrões diferiam significativamente, por meio do aplicativo STATISTICA 8.0 para Windows.

³⁶ CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução no 274 de 29 de novembro de 2000. Disponível em: www.mma.gov.br

8.2.3.2. Resultados

A seguir são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir das análises nas amostras de água coletadas em 12 estações de amostragem, sendo 04 na zona oceânica, 04 na zona estuarina e 04 amostras coletadas na faixa de praia, essas últimas apenas para avaliação da condição de balneabilidade.

Os dados serão discutidos de maneira isolada, ou seja, parâmetro por parâmetro. Foram elaborados gráficos para as amostras da zona oceânica e estuarina, somente para aqueles indicadores que apresentaram resultados detectáveis - acima do Limite de Detecção do Método (LDM). Os gráficos de perfil foram elaborados apenas para as amostras da zona oceânica (TRMOC), pois na zona estuarina (TRMRIO) somente foram coletadas amostras de superfície e fundo, devido à baixa profundidade em toda a área ($\leq 4,0$ m).

Os **QUADROS 8.2.3-3 e 8.2.3-4** apresentam as sinopses de todos os resultados encontrados nas amostras de água coletadas em fevereiro e agostos de 2008, na área de influência do empreendimento. Os laudos de análise são apresentados no **ANEXO 8.2- 2**.

QUADRO 8.2.3- 3 – Sinopse dos resultados encontrados nas amostras de água coletadas nas zonas oceânica, estuarina e de praia em fevereiro de 2008 nas imediações da Ilha de Comandatuba.

| PONTO DE COLETA | Profundidade | SECCHI (m) | ESTRATO | Temperatura | Salinidade | OD | Saturação de OD (%) | pH | P-total | Nitrogênio Amoniaco | COT | Nitrato | Turbidez | Sólidos Suspensos | Óleos e Graxas | Coliformes termotolerantes | Escherichia coli | Enterococos |
|--------------------------------------|--------------|------------|---------|-------------|------------|------|---------------------|---------|---------|---------------------|------|---------|----------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|
| CONAMA 357/05 ÁGUAS SALINAS CLASSE 1 | - | - | - | - | - | ≥6,0 | - | 6,5-8,5 | - | 0,4 | 3,0 | 0,4 | - | - | Ausentes | 2,5 x 10 ^{3*} | 2,0 x 10 ³ | 4,0 x 10 ^{2*} |
| TRMOC01 | 6,9 | 4,1 | SUP. | 26,82 | 37,88 | 6,53 | 103,00 | 8,08 | <0,023 | 0,03 | 4,6 | 1,8 | <0,64 | 158 | 2J | <1 | <1 | 1,8X10 |
| | | | MEIO | 26,78 | 37,88 | 6,47 | 102,00 | 8,08 | <0,023 | 0,03 | <1,0 | 1,2 | <0,64 | 133 | - | - | - | - |
| | | | FUNDO | 26,73 | 37,88 | 6,50 | 101,90 | 8,09 | <0,023 | 0,13 | <1,0 | 2,7 | <0,64 | 145 | - | - | - | - |
| TRMOC02 | 6,0 | 1,7 | SUP. | 26,82 | 37,81 | 6,67 | 104,40 | 8,17 | <0,023 | 0,03 | <1,0 | 3,0 | <0,64 | 149 | <1 | <1 | <1 | 1,00 |
| | | | MEIO | 26,86 | 37,81 | 6,41 | 100,80 | 8,11 | <0,023 | 0,08 | <1,0 | 2,6 | <0,64 | 140 | - | - | - | - |
| | | | FUNDO | 26,85 | 37,81 | 6,39 | 100,20 | 8,11 | <0,023 | 0,09 | <1,0 | 2,3 | <0,64 | 145 | - | - | - | - |
| TRMOC03 | 8,0 | 2,3 | SUP. | 26,82 | 37,73 | 6,77 | 104,30 | 8,20 | <0,023 | 0,06 | 1,8J | 1,5 | <0,64 | 145 | <1 | 1 | <1 | <1 |
| | | | MEIO | 26,75 | 37,80 | 6,49 | 101,50 | 8,12 | <0,023 | 0,07 | 4,0 | 2,5 | 1,02J | 140 | - | - | - | - |
| | | | FUNDO | 26,62 | 37,87 | 6,50 | 101,80 | 8,12 | <0,023 | 0,05 | 4,2 | 2,5 | 1,23 | 145 | - | - | - | - |
| TRMOC04 | 11,0 | 3,3 | SUP. | 26,87 | 37,88 | 6,54 | 103,50 | 8,26 | <0,023 | 0,07 | 8,5 | 1,9 | <0,64 | 137 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| | | | MEIO | 26,47 | 37,86 | 6,54 | 102,40 | 8,12 | <0,023 | 0,05 | 3,9 | 1,7 | <0,64 | 156 | - | - | - | - |
| | | | FUNDO | 26,18 | 37,84 | 6,60 | 102,70 | 8,13 | <0,023 | 0,06 | 7,2 | 1,5 | <0,64 | 144 | - | - | - | - |
| TRMRIO01 | 3,3 | 0,9 | SUP. | 30,10 | 30,24 | 5,85 | 90,90 | 7,95 | <0,023 | 0,08 | 10,2 | 1,5 | <0,64 | 152 | <1 | 1,1X10 | 4 | <1 |
| | | | FUNDO | 30,11 | 30,17 | 5,75 | 91,00 | 7,95 | <0,023 | 0,1 | 29,6 | 1,5 | 0,67J | 140 | - | - | - | - |
| TRMRIO02 | 4,0 | 0,7 | SUP. | 29,68 | 33,91 | 5,90 | 94,00 | 8,11 | <0,023 | 0,17 | 30,4 | 1,5 | 5,89 | 151 | <1 | 1 | <1 | <1 |
| | | | FUNDO | 26,60 | 34,60 | 5,89 | 94,70 | 8,80 | <0,023 | 0,08 | 24,2 | 2,6 | 11,2 | 157 | - | - | - | - |
| TRMRIO03 | 4,5 | 0,7 | SUP. | 28,32 | 37,60 | 6,41 | 101,60 | 8,20 | <0,023 | 0,05 | 23,6 | 1,8 | 1,83 | 140 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| | | | FUNDO | 28,34 | 37,60 | 6,16 | 99,30 | 8,16 | <0,023 | 0,05 | 12,1 | 2,4 | 1,71 | 238 | - | - | - | - |
| TRMRIO04 | 4,3 | 0,7 | SUP. | 28,35 | 36,76 | 6,36 | 100,50 | 8,25 | <0,023 | 0,07 | 8,5 | 2,1 | 1,23 | 158 | <1 | <1 | 2 | <1 |
| | | | FUNDO | 28,37 | 36,76 | 6,14 | 98,50 | 8,16 | <0,023 | 0,06 | 5,5 | 2,2 | 1,97 | 227 | - | - | - | - |
| TRMBAL01 | - | - | SUP. | 26,25 | - | - | - | 8,15 | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 2 |
| TRMBAL02 | - | - | SUP. | 26,31 | - | - | - | 8,14 | - | - | - | - | - | - | - | 9 | 3 | 2 |
| TRMBAL03 | - | - | SUP. | 26,32 | - | - | - | 8,17 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | 1 | 2 |
| TRMBAL04 | - | - | SUP. | 26,20 | - | - | - | 8,17 | - | - | - | - | - | - | <1 | <1 | <1 | 2 |

Em vermelho valores que ultrapassaram os limites previstos na Classe 1 de águas salinas da Resolução CONAMA 357/05

* Limite de Balneabilidade Imprópria da Resolução CONAMA 274/00 para amostras Isoladas

QUADRO 8.2.3- 4 – Sinopse dos resultados encontrados nas amostras de água coletadas nas zonas oceânica, estuarina e de praia em agosto de 2008 nas imediações da Ilha de Comandatuba.

| PONTO DE COLETA | Profundidade | SECCHI (m) | ESTRATO | Temperatura | Salinidade | OD | Saturação de OD (%) | pH | P-total | Nitrogênio Amoniaco | COT | Nitrato | Turbidez | Sólidos Suspensos | Óleos e Graxas | Coliformes termotolerantes | Escherichia coli | Enterococos |
|--------------------------------------|--------------|------------|---------|-------------|------------|------|---------------------|---------|---------|---------------------|-------|---------|----------|-------------------|----------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|
| CONAMA 357/05 ÁGUAS SALINAS CLASSE 1 | - | - | - | - | - | ≥6,0 | - | 6,5-8,5 | - | 0,4 | 3,0 | 0,4 | - | - | Ausentes | 2,5 x 10 ^{3*} | 2,0 x 10 ³ | 4,0 x 10 ^{2*} |
| TRMOC01 | 6,9 | 4,1 | SUP. | 25,11 | 37,63 | 6,17 | 93,67 | 8,28 | 0,045 J | 0,04 | 3,8 | 0,6 J | 19,5 | 19 J | 6 | <1 | <1 | <1 |
| | | | MEIO | 25,10 | 37,70 | 6,17 | 64,50 | 8,30 | 0,055 J | 0,04 | 5,3 | 0,5 J | 20,9 | 102 | -- | -- | -- | -- |
| | | | FUNDO | 25,10 | 37,63 | 6,11 | 93,00 | 8,29 | 0,089 | 0,03 | 3,4 | 0,4 J | 49,4 | 88 | -- | -- | -- | -- |
| TRMOC02 | 6,0 | 1,7 | SUP. | 25,15 | 37,65 | 6,11 | 93,00 | 8,29 | 0,056 J | 0,03 | 4,6 | 0,3 J | 20,2 | 27 J | 7 | 3 | <1 | <1 |
| | | | MEIO | 25,12 | 37,63 | 6,10 | 93,10 | 8,29 | 0,068 J | 0,02 J | 4,4 | 0,6 J | 30,2 | 36 | -- | -- | -- | -- |
| | | | FUNDO | 25,11 | 37,63 | 6,07 | 92,50 | 8,29 | 0,132 | 0,02 J | 12,3 | 0,5 J | 62,2 | 142 | -- | -- | -- | -- |
| TRMOC03 | 8,0 | 2,3 | SUP. | 25,12 | 37,71 | 6,13 | 93,20 | 8,31 | 0,052 J | 0,02 J | 2,0 J | 0,5 J | 16,8 | 50 | 11 | 1 | <1 | <1 |
| | | | MEIO | 25,10 | 37,70 | 6,15 | 93,80 | 8,31 | 0,040 J | 0,03 | 3,0 J | ND | 20,5 | 34 | -- | -- | -- | -- |
| | | | FUNDO | 25,10 | 37,70 | 6,11 | 92,90 | 8,31 | 0,102 | 0,02 J | 8,9 | 0,5 J | 49,4 | 152 | -- | -- | -- | -- |
| TRMOC04 | 11,0 | 3,3 | SUP. | 25,04 | 37,70 | 6,09 | 93,20 | 8,31 | 0,040 J | 0,02 J | 2,9 J | ND | 6,03 | 22 J | 2 J | 4 | <1 | <1 |
| | | | MEIO | 25,04 | 37,70 | 6,12 | 92,80 | 8,32 | 0,025 J | 0,06 | 7,2 | 0,3 J | 7,9 | 14 J | -- | -- | -- | -- |
| | | | FUNDO | 25,06 | 37,70 | 6,03 | 92,00 | 8,32 | 0,041 J | 0,08 | 2,7 J | ND | 9,99 | 52 | -- | -- | -- | -- |
| TRMRIO01 | 3,3 | 0,9 | SUP. | 25,74 | 33,05 | 5,55 | 82,60 | 8,06 | 0,27 | 0,04 | 13,3 | ND | 15,7 | 84 | 4 | 1,4 X 10 ² | 6 | 3 |
| | | | FUNDO | 25,69 | 33,25 | 5,65 | 85,20 | 8,08 | 0,058 J | 0,03 | 12,1 | 0,4 J | 30 | 145 | -- | -- | -- | -- |
| TRMRIO02 | 4,0 | 0,7 | SUP. | 25,65 | 36,61 | 5,78 | 88,00 | 8,02 | 0,031 J | 0,03 | 5,9 | 0,4 J | 7,32 | 52 | 10 | 2,4 X 10 | 1,9 X 10 | 8 |
| | | | FUNDO | 25,35 | 36,74 | 5,93 | 90,30 | 8,25 | 0,037 J | 0,03 | 5,4 | 0,4 J | 28 | 22 J | -- | -- | -- | -- |
| TRMRIO03 | 4,5 | 0,7 | SUP. | 25,91 | 36,93 | 6,10 | 93,40 | 8,15 | 0,052 J | 0,03 | 9,4 | 0,7 J | 25 | 55 | 5 | 4 | 2 | <1 |
| | | | FUNDO | 25,89 | 37,70 | 6,09 | 93,10 | 8,13 | 0,169 | 0,03 | 11,6 | 0,4 J | 86,3 | 127 | -- | -- | -- | -- |
| TRMRIO04 | 4,3 | 0,7 | SUP. | 25,98 | 37,30 | 6,17 | 94,90 | 8,18 | 0,084 | 0,03 | 12,9 | 0,6 J | 46,8 | 87 | 6 | 4 | 3 | <1 |
| | | | FUNDO | 25,87 | 37,45 | 6,18 | 95,20 | 8,18 | 0,119 | 0,04 | 7,9 | 0,6 J | 54,6 | 94 | -- | -- | -- | -- |
| TRMBAL01 | - | - | SUP. | 26,24 | - | - | - | 8,02 | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 2 |
| TRMBAL02 | - | - | SUP. | 26,26 | - | - | - | 8,22 | - | - | - | - | - | - | - | 9 | 3 | 2 |
| TRMBAL03 | - | - | SUP. | 26,17 | - | - | - | 8,15 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | 1 | 2 |
| TRMBAL04 | - | - | SUP. | 26,03 | - | - | - | 8,24 | - | - | - | - | - | - | - | <1 | <1 | 2 |

Em vermelho valores que ultrapassaram os limites previstos na Classe 1 de águas salinas da Resolução CONAMA 357/05

* Limite de Balneabilidade Imprópria da Resolução CONAMA 274/00 para amostras Isoladas

BIOMONITORAMENTO E MEIO AMBIENTE



Coordenador da Equipe Técnica

Responsável Técnico

Revisão 00
03/2010

8.2.3.2.1. Temperatura

A temperatura da água apresentou variação global entre 25,04 e 30,11 °C. Na primeira campanha os resultados oscilaram entre 26,18 (TRMOC04-fundo) e 30,11°C (TRMRIO01-fundo). Na segunda campanha os valores foram claramente inferiores, oscilando entre 25,04 (TRMOC04-sup) e 25,98°C (TRMRIO04-sup). Essas diferenças entre as campanhas de amostragem foram comprovadas estatisticamente pela aplicação do teste de Mann-Whitney, conforme pode ser observado na **FIGURA 8.2.3-7**. Essa clara diferença entre as campanhas comprova o efeito da sazonalidade sobre a temperatura da massa d'água avaliada.

Destaca-se, também, que em ambas as campanhas a temperatura na zona estuarina (TRMRIO) foi superior à observada na zona oceânica (TRMOC), assim como também apresentou maior variabilidade. Essa tendência pode estar associada a dois fatores: profundidade, que é menor nas estações estuarinas e; teor de matéria orgânica e nutrientes, que tende a aumentar o metabolismo no meio, com maior liberação de calor na água.

Nos oceanos, a temperatura varia horizontalmente em função da latitude e verticalmente com a profundidade, e é um fator de grande importância nos processos que regem a distribuição dos organismos, os quais sobrevivem em uma faixa geralmente entre 0 e 40°C. A temperatura na superfície das águas das regiões tropicais varia entre 20-30°C (NYBAKKEN, 1993)³⁷. Portanto, conclui-se que todos os resultados encontrados nas duas campanhas de amostragem são considerados normais quanto à temperatura da água.

A variação da temperatura na coluna d'água é ilustrada na **FIGURA 8.2.3-8**, onde fica bastante evidente que este indicador permanece praticamente inalterado da superfície para o fundo, com amplitude de variação inferior a 1°C. A homogeneidade na coluna d'água foi ainda mais nítida na segunda campanha de amostragem, em agosto de

2008. Estes resultados são um indicativo de que há uma boa condição de mistura da massa d'água da região oceânica avaliada.

Na faixa de praia avaliada os valores de temperatura encontrados foram normais, variando entre 26,20 (TRMBAL04) e 26,31 °C (TRMBAL02).

A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece valor de referência para temperatura em amostras de água.

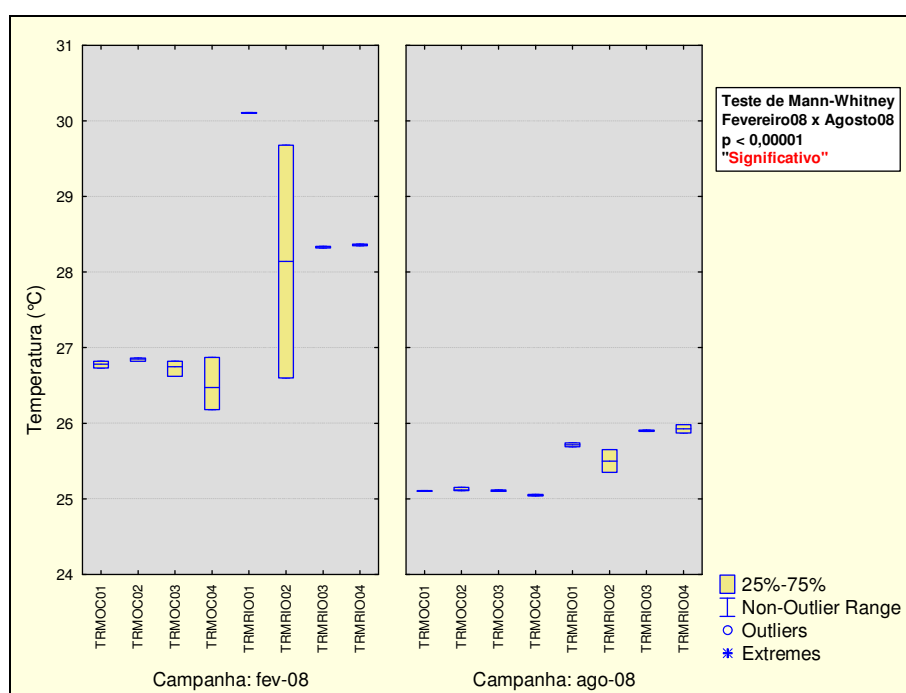


FIGURA 8.2.3-7 – Variação da temperatura entre as estações de amostragem em fevereiro de 2008 e agosto de 2008.

³⁷ NYBAKKEN, J.W. Marine Biology: an Ecological Approach. 3rd Edition. 1993. 462pp.

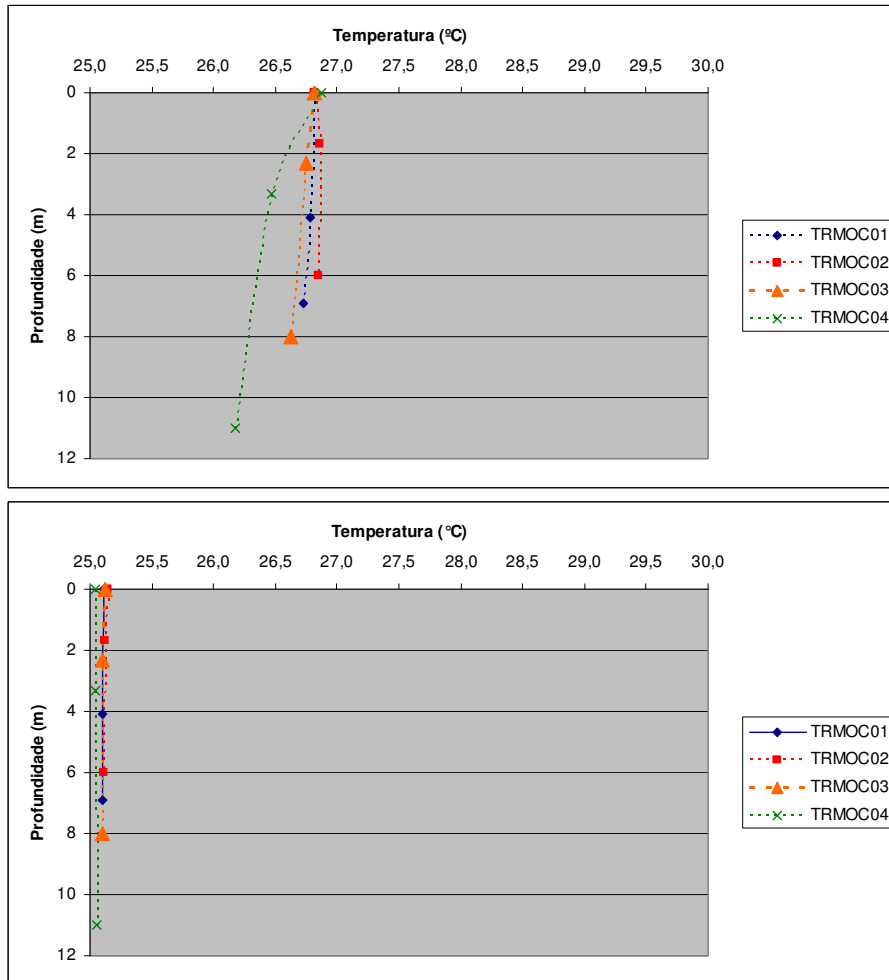


FIGURA 8.2.3-8 – Perfil da temperatura na coluna d’água nas estações oceânicas avaliadas em fevereiro de 2008 (acima) e agosto de 2008 (abaixo).

8.2.3.2.2. Salinidade

A salinidade obtida na área avaliada apresentou variação global de 30,17 a 37,88, sendo menor nas estações TRMRIO01 e TRMRIO02, as quais estão posicionadas na parte mais interna do estuário (**FIGURA 8.2.3-9**). Na comparação entre as duas campanhas de amostragem praticamente não se verifica alteração na salinidade, o que foi comprovado estatisticamente.

Assim como a temperatura, a salinidade pouco variou ao longo da coluna d'água em ambas as campanhas, tendência ilustrada na **FIGURA 8.2.3-10**.

A salinidade das várias áreas oceânicas distantes da zona costeira varia dentro de uma faixa restrita, entre 34 e 37 ‰, e apresenta um valor médio de 35 ‰ (NYBAKKEN, 1993). A maior parte do material dissolvido em águas marinhas é composto de sais inorgânicos, presentes como íons. Destes, 6 íons inorgânicos compreendem 99,28% da matéria sólida presente na água. Eles são o cloreto, sódio, enxofre (como sulfatos), magnésio, cálcio e potássio.

Considera-se, portanto, que os valores de salinidade encontrados nas amostras de água são compatíveis com os tipos de ambientes ora avaliados. A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece valor de referência para salinidade em amostras de água.

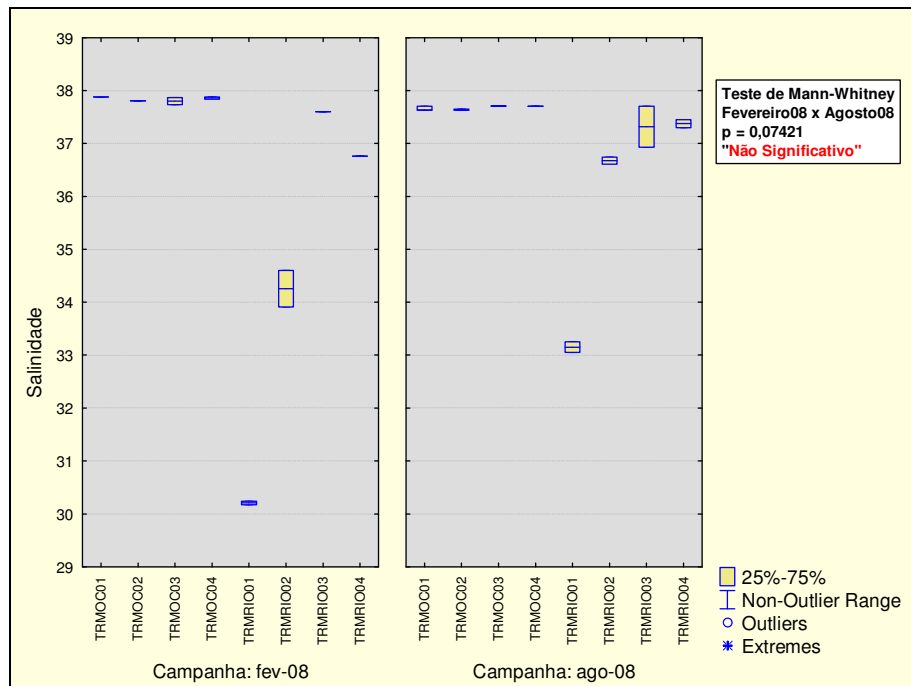


FIGURA 8.2.3-9 – Variação da salinidade entre as estações de amostragem em fevereiro de 2008 e agosto de 2008.

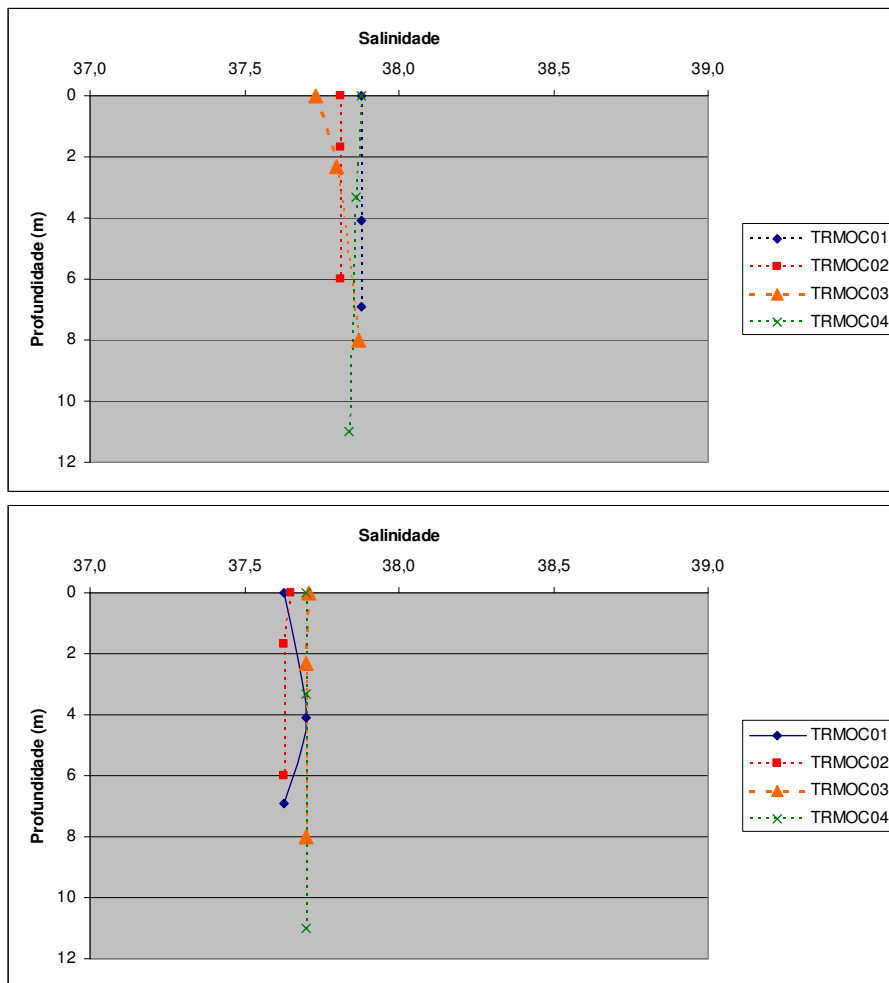


FIGURA 8.2.3-10 – Perfil da salinidade na coluna d’água nas estações oceânicas avaliadas em fevereiro de 2008 (acima) e agosto de 2008 (abaixo).

8.2.3.2.3. Oxigênio Dissolvido

Os teores de oxigênio obtidos nas amostras de água avaliadas foram considerados satisfatórios em todos os casos. A variação global ficou entre 5,75 mg/L na amostras de fundo da estação TRMRIO01 a 6,77 mg/L na amostra de superfície da estação TRMOC03, ambos registrados na primeira campanha. A **FIGURA 8.2.3-11** ilustra que houve redução dos teores de oxigênio dissolvido na segunda campanha de amostragem, em agosto de 2008, especialmente nas estações da zona oceânica. Este resultado pode ser um indicativo de produtividade primária, evento esperado na estação chuvosa. No período chuvoso a nebulosidade aumenta e a incidência luminosa reduz, provocando uma redução natural na atividade fotossintética. Embora as coletadas tenham sido realizadas em condições de tempo bom, isso não contradiz a hipótese apresentada, pois nas semanas anteriores à coleta foi um período de chuvas intensas.

Na comparação entre as estações de amostragem observou-se que as estações de amostragem da região oceânica apresentaram melhores resultados (6,39 a 6,77 mg/L) que as estações estuarinas (5,75 a 6,36 mg/L), tal como é ilustrado na **FIGURA 8.2.3-11**. De tal forma que, em todas as amostras coletadas nas estações TRMOC os valores encontrados foram superiores ao limite mínimo de 6 mg/L previsto na Classe 1 de águas salinas da Resolução CONAMA 357/05. Nas estações TRMRIO apenas as duas mais próximas da boca da barra norte (03 e 04) apresentaram concentrações de oxigênio acima deste patamar.

A solubilidade do oxigênio na água, como de todos os gases, depende de 2 fatores principais: temperatura e pressão. Assim, com a elevação da temperatura e redução da pressão, ocorre a redução da solubilidade do oxigênio na água. Outro fator importante na solubilidade de oxigênio é a salinidade da água. Em águas costeiras a elevação no teor de íons, acarreta uma redução na capacidade de retenção do oxigênio dissolvido. Esta tendência é particularmente relevante em ecossistemas marinhos tropicais, onde a combinação de temperaturas e salinidades elevadas levam

a uma menor solubilidade do oxigênio dissolvido (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002)³⁸.

No entanto os percentuais de saturação de oxigênio registrados, mesmos nas estações onde foram encontradas as menores concentrações deste gás (TRMRIO01 e TRMRIO02), revelaram boa oxigenação em toda a massa d'água avaliada. Em todos os casos a saturação medida não foi inferior a 90 % (**FIGURA 8.2.3-12**), indicando que não há limitação ao desenvolvimento e sobrevivência dos organismos aquáticos existentes. As **FIGURAS 8.2.3-13 e 8.2.3-14** ilustram que a solubilidade de oxigênio em direção ao fundo varia pouco, denotando boa condição de mistura da massa de água.

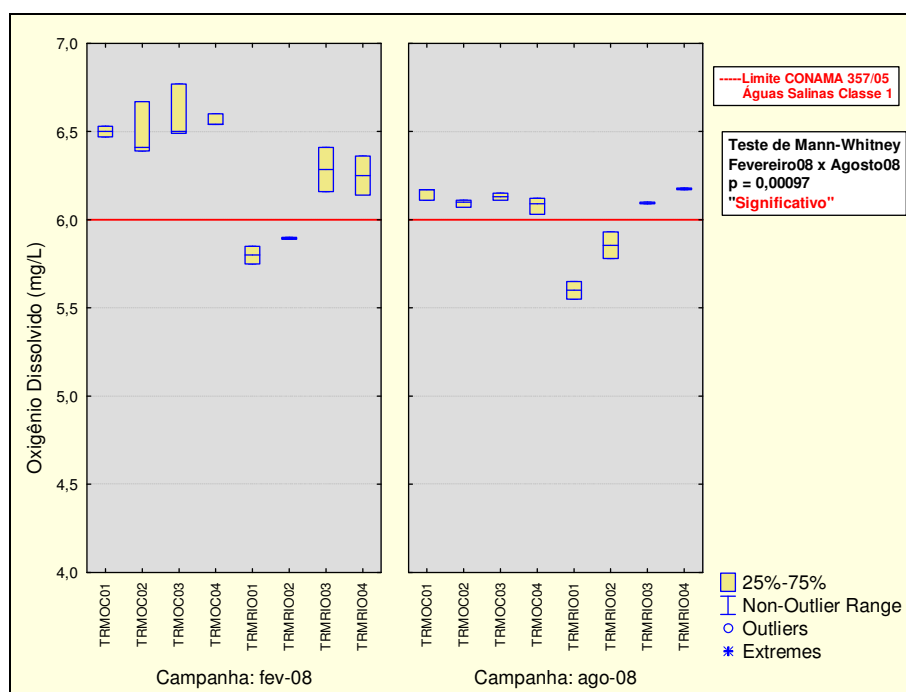


FIGURA 8.2.3-11 – Variação do oxigênio dissolvido entre as estações de amostragem em fevereiro de 2008 e agosto de 2008.

³⁸ PEREIRA, R.C., SOARES-GOMES, A., *Biologia Marinha*, Rio de Janeiro-Ed. Interciência, 380p. il., 2002.

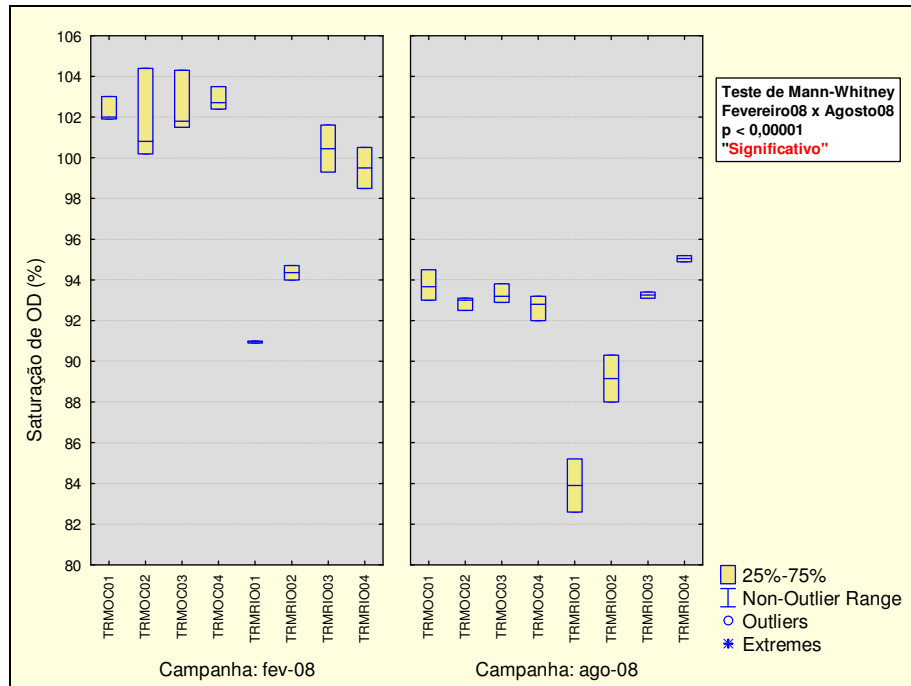


FIGURA 8.2.3-12 – Variação da saturação de oxigênio entre as estações de amostragem em fevereiro de 2008 e agosto de 2008.

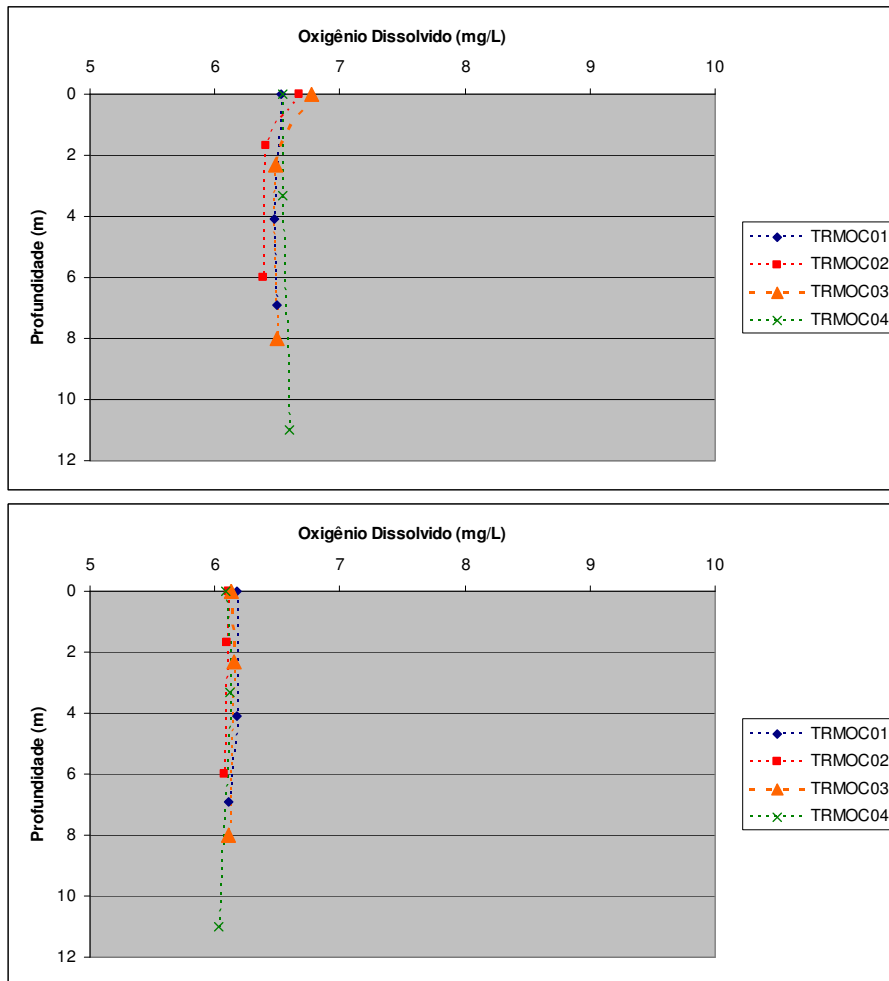


FIGURA 8.2.3-13 – Perfil do oxigênio dissolvido na coluna d’água nas estações oceânicas avaliadas em fevereiro de 2008 (acima) e agosto de 2008 (abaixo).

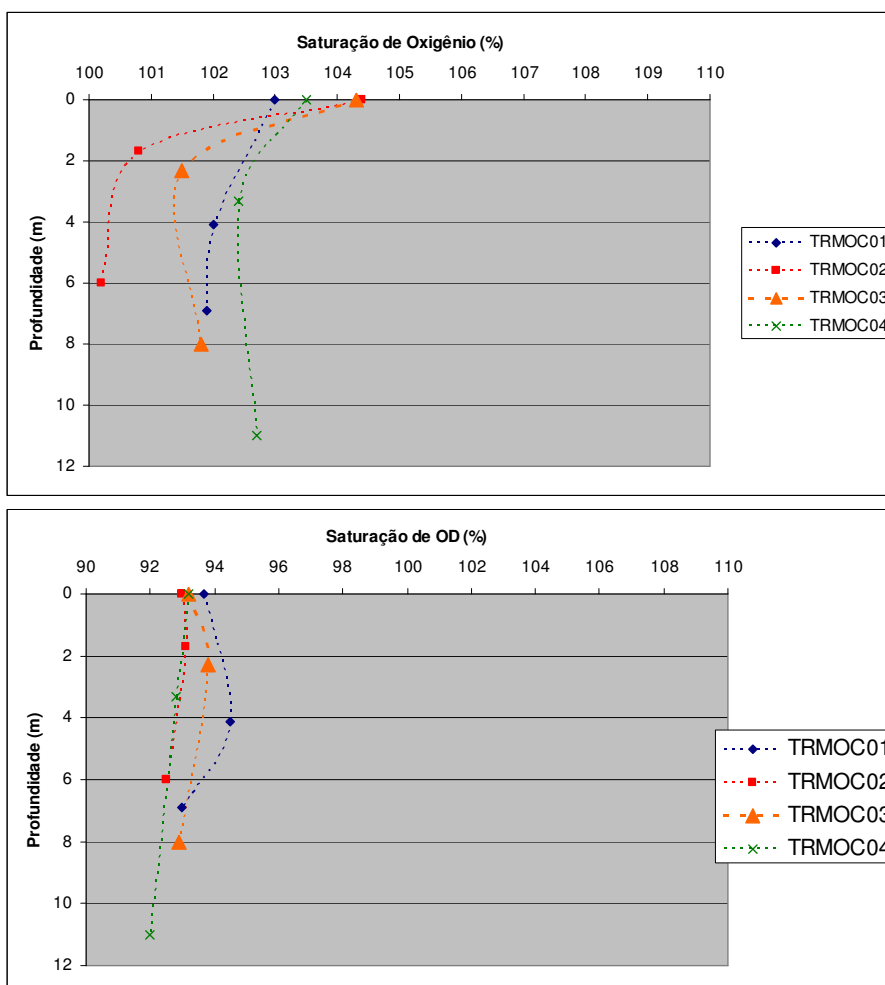


FIGURA 8.2.3-14 – Perfil da saturação de oxigênio na coluna d’água nas estações oceânicas avaliadas em fevereiro de 2008 (acima) e agosto de 2008 (abaixo).

8.2.3.2.4. pH

No meio marinho o pH tende a se manter alcalino, por conta da grande concentração de sais dissolvidos (NYBAKKEN, 1993).

A variação global do pH nas amostras de água ficou entre 7,95 (TRMRIO01) e 8,80 (TRMRIO02), ambos registrados na primeira campanha, sendo este último o único valor levemente acima do limite máximo da Classe 1 de águas salinas da Resolução CONAMA 357/05, mas considerado normal por se tratar de uma amostra de fundo. Excetuando este resultado, todas as demais amostras apresentaram valores de pH em conformidade com a legislação e bastante similares. A **FIGURA 8.2.3-15** ilustra que na comparação entre fevereiro e agosto de 2008, sendo que nesta última houve uma elevação estatisticamente significativa do pH nas estações oceânicas (TRMOC), sem que possa ser apontada com clareza uma justificativa para tal comportamento.

A avaliação do comportamento do pH na coluna d'água revelou que este permanece praticamente inalterado nas duas campanhas de amostragem, tal como pode ser observado na **FIGURA 8.2.3-16**.

Nas estações posicionadas na faixa de praia sob influência do empreendimento o pH registrado também apresentou valores dentro da normalidade, com oscilação global 8,02 e 8,24. Também foi registrada pequena elevação do pH nesta segunda campanha na faixa de praia avaliada.

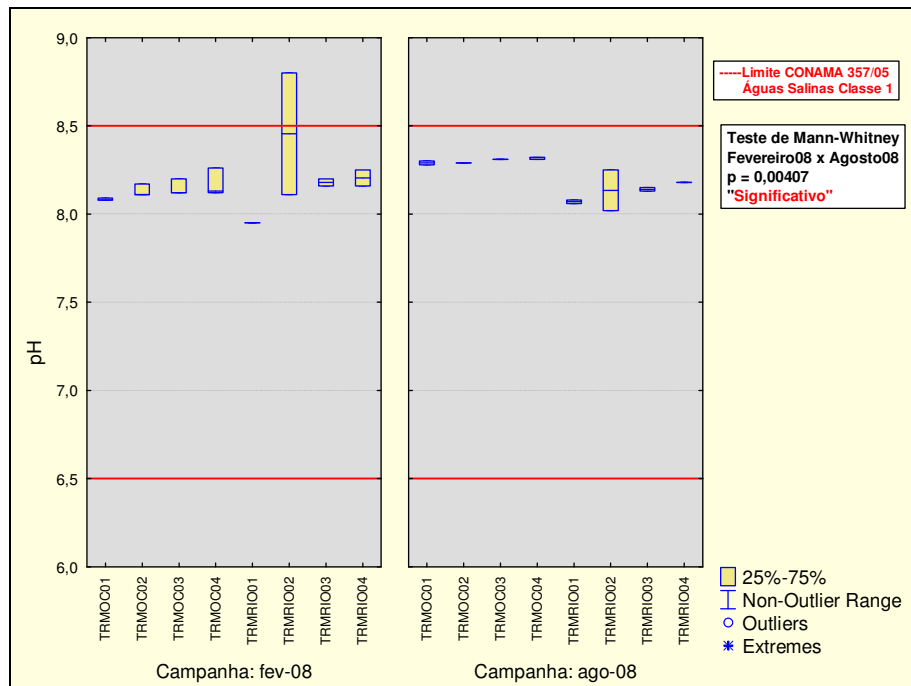


FIGURA 8.2.3-15 – Variação do pH entre as estações de amostragem em fevereiro de 2008 e agosto de 2008.

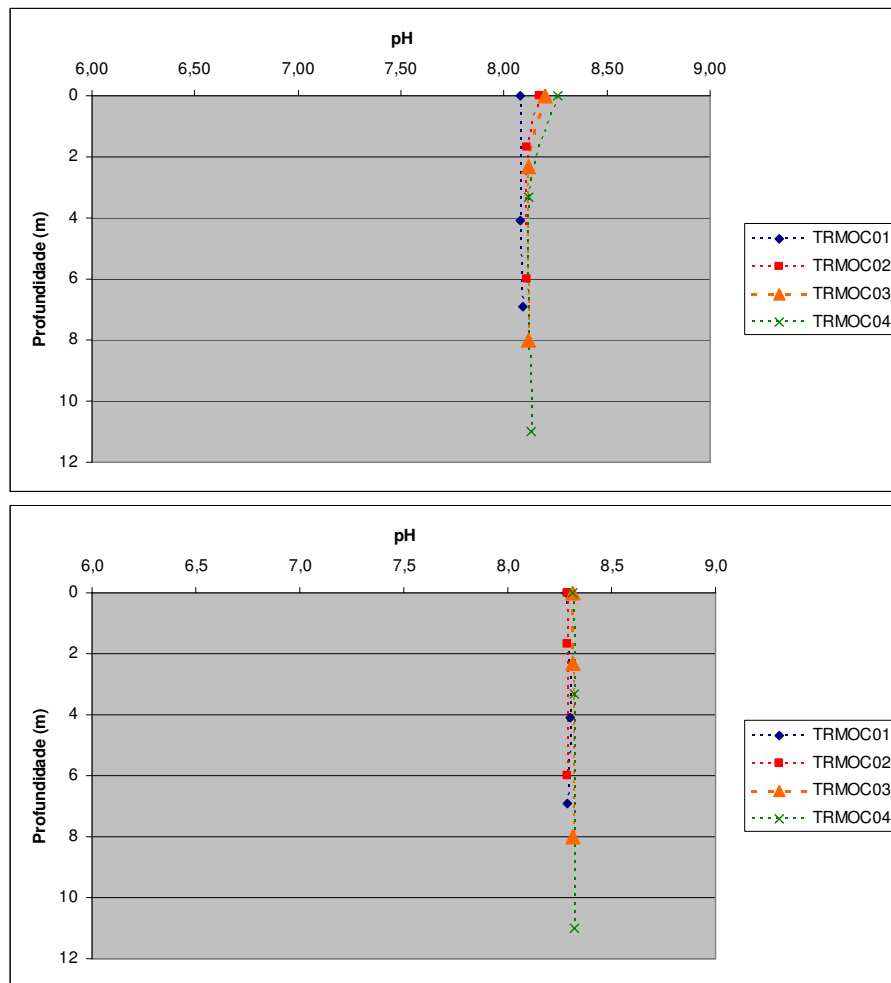


FIGURA 8.2.3-16 – Perfil do pH na coluna d’água nas estações oceânicas avaliadas em fevereiro de 2008 (acima) e agosto de 2008 (abaixo).

8.2.3.2.5. Nitrogênio Amoniacal

O nitrogênio amoniacal é o resultado da degradação de proteínas e outras substâncias nitrogenadas. É a fração mais reduzida do nitrogênio no meio aquático, e na presença de oxigênio, tende a ser rapidamente oxidada para a forma mais estável, o nitrato (NO_3). Segundo Boney (1975)³⁹, o nitrogênio amoniacal é a forma de nitrogênio mais facilmente assimilada pelo fitoplâncton e por isso é um nutriente essencial para essas comunidades.

Os valores de nitrogênio amoniacal foram considerados normais em se tratando de águas salinas, com variação global de 0,02 mg/L (TRMOC02-fundo, agosto-08) a 0,17 mg/L (TRMRIO02-sup, fevereiro-08). Esta oscilação é muito inferior ao patamar máximo definido pela Classe 1 de águas salinas da Resolução CONAMA 357/05, que é de 0,4 mg/L.

A **FIGURA 8.2.3-17** ilustra que os teores de nitrogênio amoniacal sofreram redução da primeira para a segunda campanha de amostragem. Na primeira campanha os teores foram maiores nas amostras estuarinas, especialmente nas estações da parte mais interna, situação não observada em agosto de 2008. As diferenças observadas entre as duas campanhas foram comprovadas estatisticamente, e revelam um ambiente mais oligotrófico em agosto de 2008. Este também pode ser um indicativo de redução da produtividade no inverno para a zona costeira avaliada, tal como detalhado na análise dos teores de oxigênio dissolvido.

Já a análise do comportamento deste indicador na coluna d'água apresentou comportamentos diversos, sendo que na segunda campanha de amostragem os resultados revelaram um perfil mais homogêneo para todas as estações (**FIGURA 8.2.3-18**).

³⁹ BONEY. A. D. Phytoplankton. The Institute of Biology's Studies in Biology no 52. Edward Arnold. 1975.

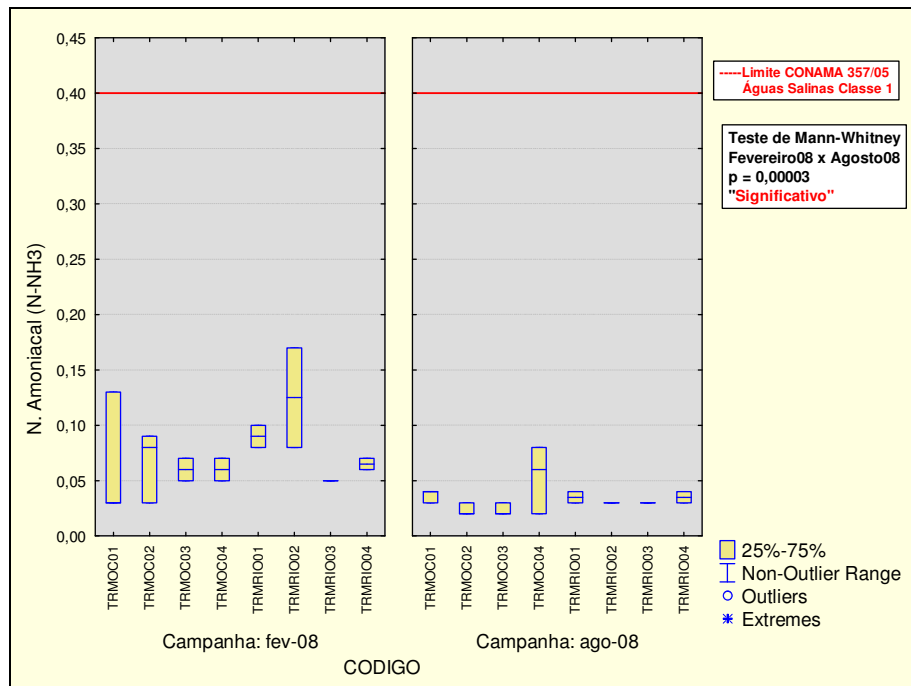


FIGURA 8.2.3-17 – Variação do nitrogênio amoniaco entre as estações de amostragem em fevereiro de 2008 e agosto de 2008.

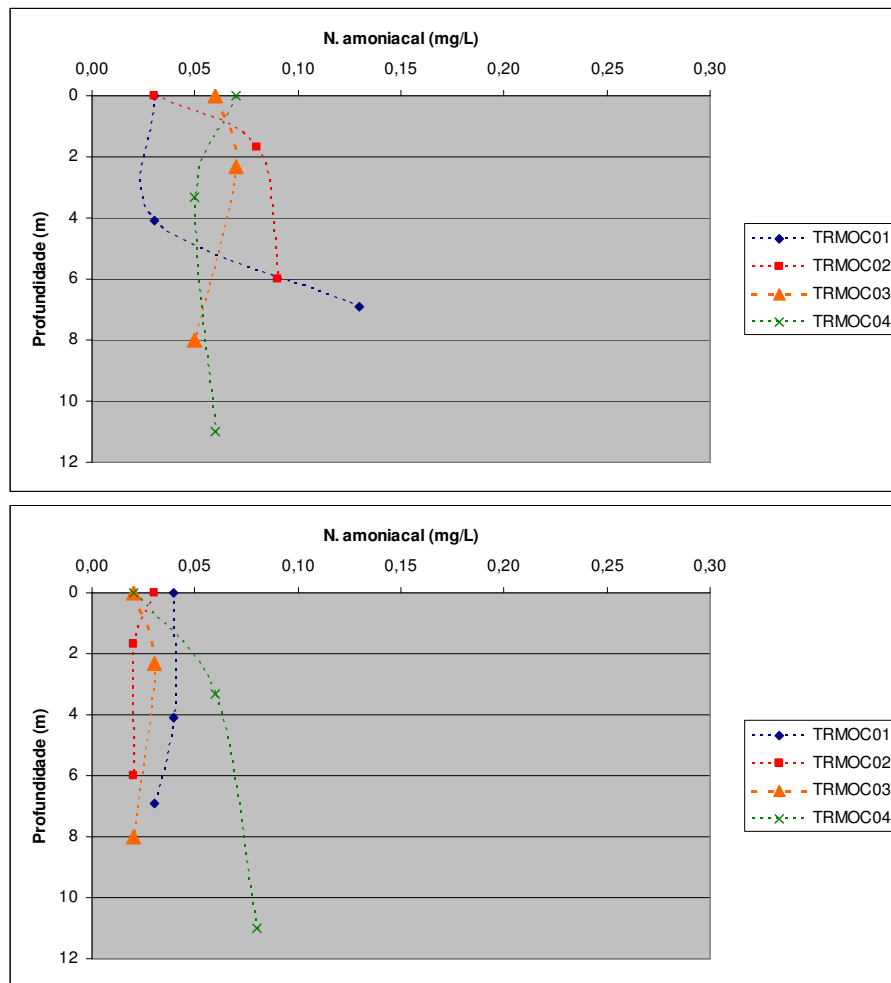


FIGURA 8.2.3-18 – Perfil do nitrogênio amoniacal na coluna d’água nas estações oceânicas avaliadas em fevereiro de 2008 (acima) e agosto de 2008 (abaixo).

8.2.3.2.6. Nitratos

As concentrações de nitrato apresentaram oscilação global de 0,30 mg/L e 3,00 mg/L. A **FIGURA 8.2.3-19** ilustra claramente a redução dos teores de nitratos na segunda campanha de amostragem em toda a rede. Este comportamento, em conjunto outros indicadores temperatura, oxigênio, nitrogênio amoniacal indicam um ambiente oligotrófico na campanha de inverno, que pode estar associado uma suposta redução da produtividade primária. Na primeira campanha de amostragem os teores observados foram considerados muito elevados em todas as amostras, bem acima do limite máximo definido pela Classe 1 de águas salinas da Resolução CONAMA 357/05 de 0,40 mg/L. Na segunda campanha apenas 09 das 20 amostras analisadas apresentaram teores de nitratos superiores ao limite legal.

O nitrato é naturalmente mais abundante no ambiente marinho, resultante da oxidação do nitrogênio amoniacal, e por isso tende a ser a forma de nitrogênio mais utilizada pelo fitoplâncton, que utiliza a enzima “nitrato redutase” para transformar o nitrato em amônio (NH_4^+).

De acordo com Redfield (1934)⁴⁰, a razão atômica de N:P em ambientes marinhos não eutrofizados é da ordem de 16:1. Segundo Hodgkiss e Ho (1997)⁴¹ alterações de médio e curto prazo na razão N:P estão diretamente associadas ao aumento de florações de fitoplâncton, ocorrendo redução da razão de Redfield, entre 6 e 15.

Para calcular a razão de Redfield nas amostras a Ilha de Comandatuba foram feitas duas adaptações: 1 - o nitrogênio total foi obtido a partir da soma dos valores de nitrogênio amoniacal e nitratos, pois não foram mensuradas as concentrações de nitrito (embora este raramente seja detectado em amostras de água bruta) e; 2- como não foi detectado fósforo total nas amostras de água, foi considerado o valor de 0,023 mg/L, limite de detecção do método empregado.

⁴⁰ REDFIELD, A.C. On the proportion of organic derivations in seawater and their relation to the composition of plankton. In: *James Johnson Memorial Volume*. (ed. R.J. Daniel). University Press of Liverpool. Pp. 177-192. (1934).

⁴¹ HODGKISS, I.J.; HO, K.C. Are changes in N:P ratios in coastal waters the keys for increased red tide blooms?. *Hydrobiologia*. 352: 141-147.

É possível que tenha ocorrido erro analítico com as amostras da primeira campanha, principalmente pelas razões N:P obtidas, entre 115,4:1 a 288,68:1. Na segunda campanha de amostragem, esses resultados caem para patamares entre 0,8 e 14,29. As razões N:P encontradas nesta segunda campanha confirmam a característica oligotrófica do meio já mencionada acima.

A **FIGURA 8.2.3-19** ilustra que na primeira campanha as variações dos teores de nitratos na coluna d'água foram mais pronunciadas, enquanto na segunda amostragem o perfil vertical deste indicador se manteve estável.

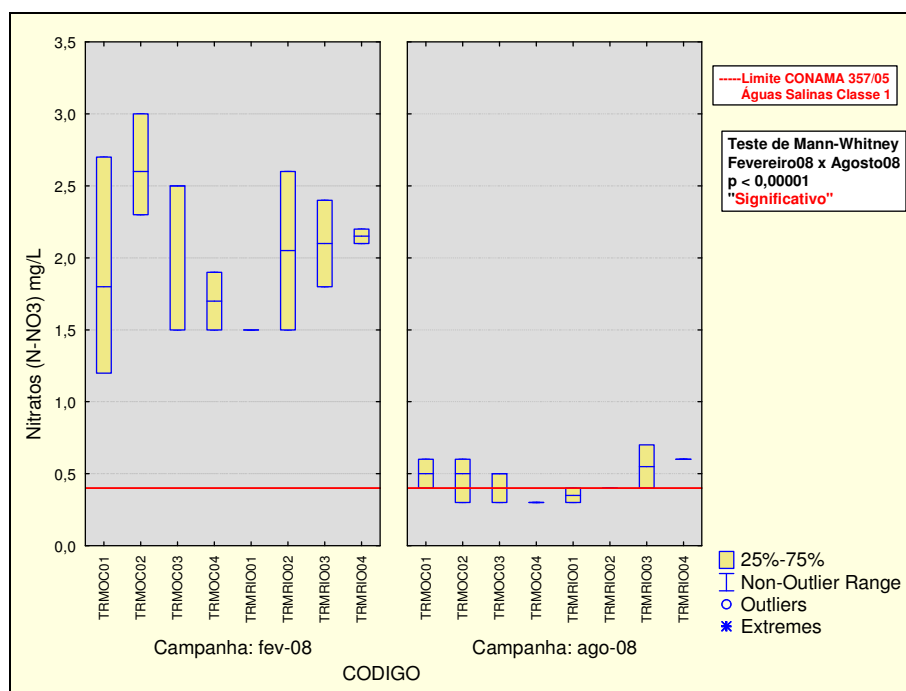


FIGURA 8.2.3-19 – Variação dos nitratos entre as estações de amostragem em fevereiro de 2008 e agosto de 2008.

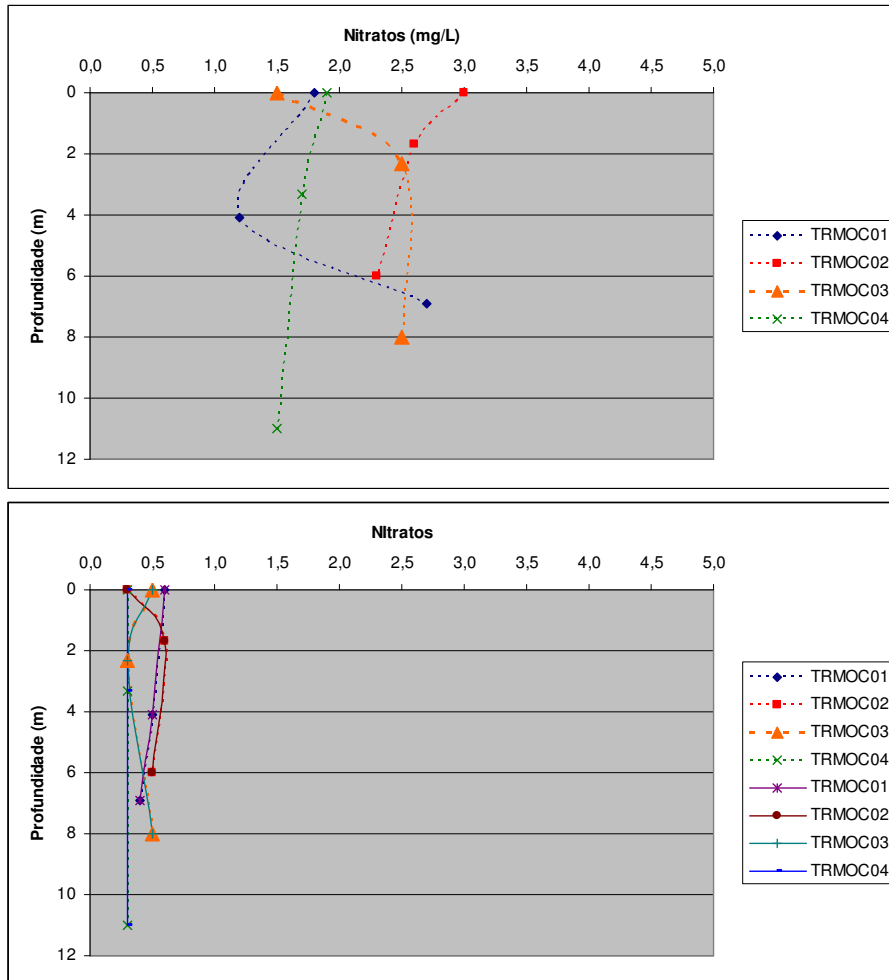


FIGURA 8.2.3-20 – Perfil dos nitratos na coluna d’água nas estações oceânicas avaliadas em fevereiro de 2008 (acima) e agosto de 2008 (abaixo).

8.2.3.2.7. Fósforo Total

Na primeira campanha de amostragem não foram registradas concentrações detectáveis de fósforo em nenhuma das amostras avaliadas, ou seja, os resultados foram inferiores a 0,023 mg/L (LDM). Já na segunda campanha este elemento foi detectado em todas as amostras, oscilando entre 0,031 e 0,27 mg/L relevando aumento das concentrações de fósforo em toda a massa d'água avaliada na campanha de inverno. A maioria dos resultados, contudo, abaixo do limite de quantificação do método (3,3 x o LDM). Os maiores resultados foram encontrados nas estações posicionadas na zona estuarina. Na zona costeira, os teores de fósforo obtidos nesta segunda campanha ainda são considerados reduzidos, e coerentes com um ambiente de características oligotróficas.

8.2.3.2.8. Carbono Orgânico Total - COT

A variação global dos teores de COT na água ficou entre 1,0 mg/L a 30,40 mg/L. Os teores de carbono orgânico total nas amostras da zona estuarina, em geral, foram bem superiores ao observados nas amostras oceânicas (**FIGURA 8.2.3-21**). Embora tenham sido observadas reduções nas estações da zona estuarina em agosto de 2008, a comparação entre as duas campanhas não apontou diferenças estatisticamente significativas quanto aos teores de COT. Na maioria das amostras analisadas os teores de COT estiveram abaixo do limite máximo de 3,0 mg/L para águas salinas da Classe 1. Apenas a estação TRMOC02 apresentou as três amostras em conformidade com a legislação na primeira campanha de amostragem.

O maior teor de carbono nas amostras do estuário é um resultado esperado, tendo em vista a presença de grande concentração de matéria orgânica parcialmente degradada no sedimento, detritos orgânicos oriundos da zona de mangue e a presença de centros urbanos (Distrito de Comandatuba). A ação da maré também deve ser considerada, principalmente pelas profundas alterações que ela tem promovido no canal, através de erosão das margens e assoreamento nas extremidades da Ilha.

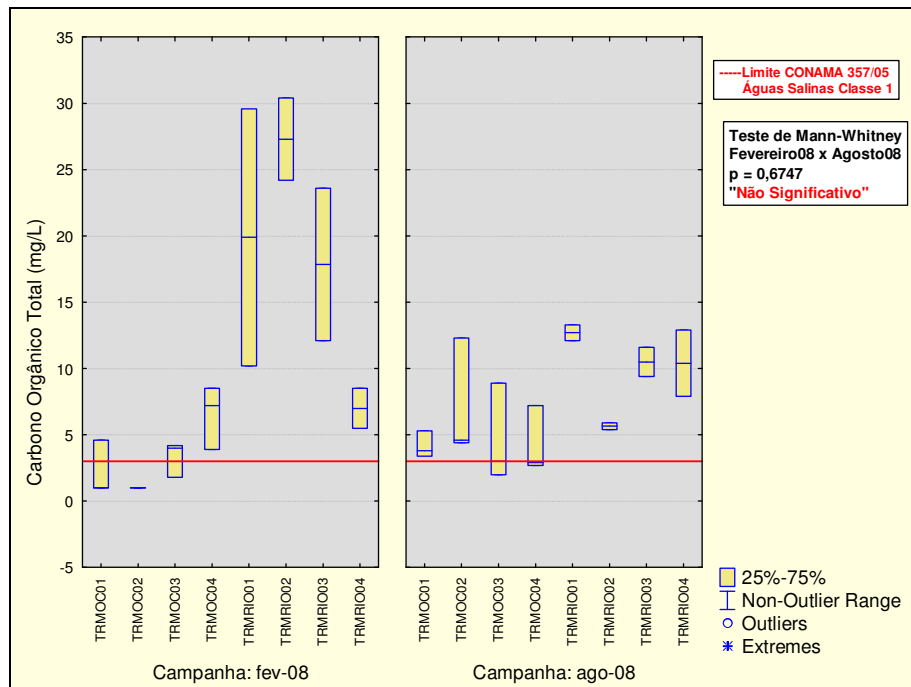


FIGURA 8.2.3-21 – Variação do Carbono Orgânico Total (COT) entre as estações de amostragem em fevereiro de 2008 e agosto de 2008.

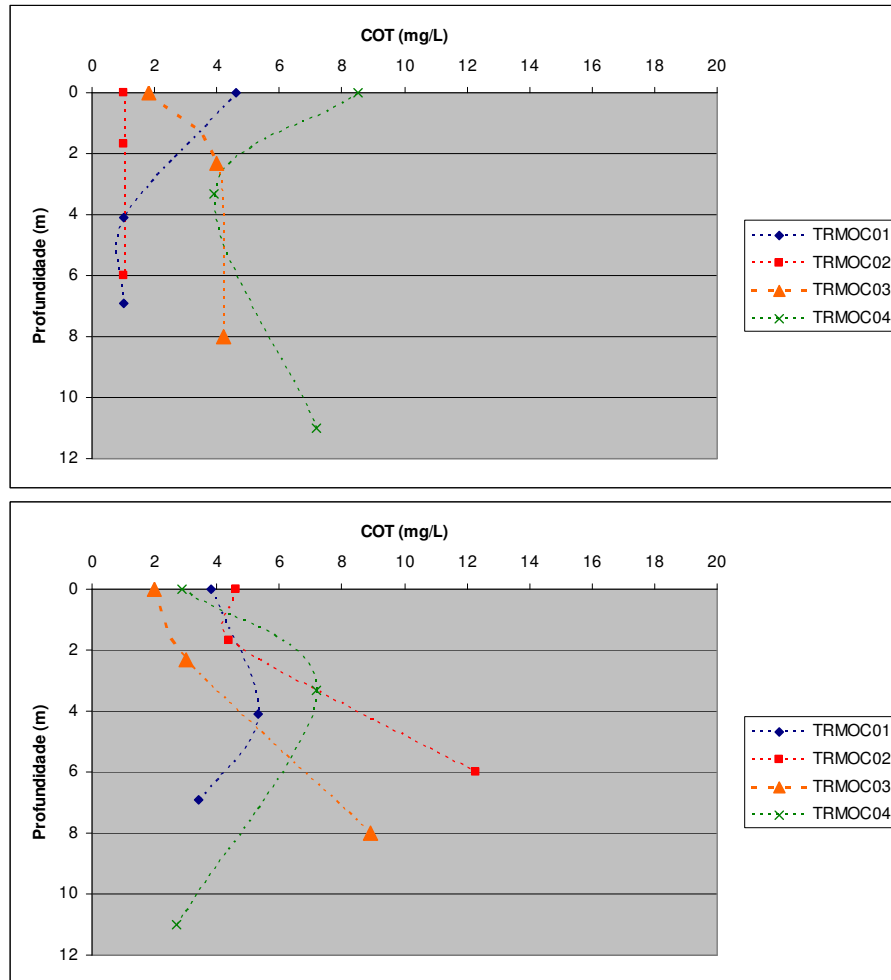


FIGURA 8.2.3-22 – Perfil do COT na coluna d’água nas estações oceânicas avaliadas em fevereiro de 2008 (acima) e agosto de 2008 (abaixo).

8.2.3.2.9. Turbidez

A turbidez é causada por material suspenso e coloidal como argila, silte e lama, material orgânico finamente dividido, plâncton e outros organismos microscópicos (APHA/AWWA/WEF, 1998)⁴².

A turbidez medida em todas as amostras apresentou valores bastante reduzidos na primeira campanha, e elevação expressiva na segunda campanha. A oscilação dos resultados passou de valores inferiores ao LDM, de 0,064 UNT a 11,20 UNT em fevereiro de 2008, para 7,9 a 86,3 UNT em agosto de 2008. De acordo com a **FIGURA 8.2.3-23** as estações mais próximas da barra norte – TRMRIO03 e TRMRIO04 – foram as que apresentaram os maiores resultados. E importante lembrar que a elevação da turbidez no inverno é esperada, especialmente em águas rasas.

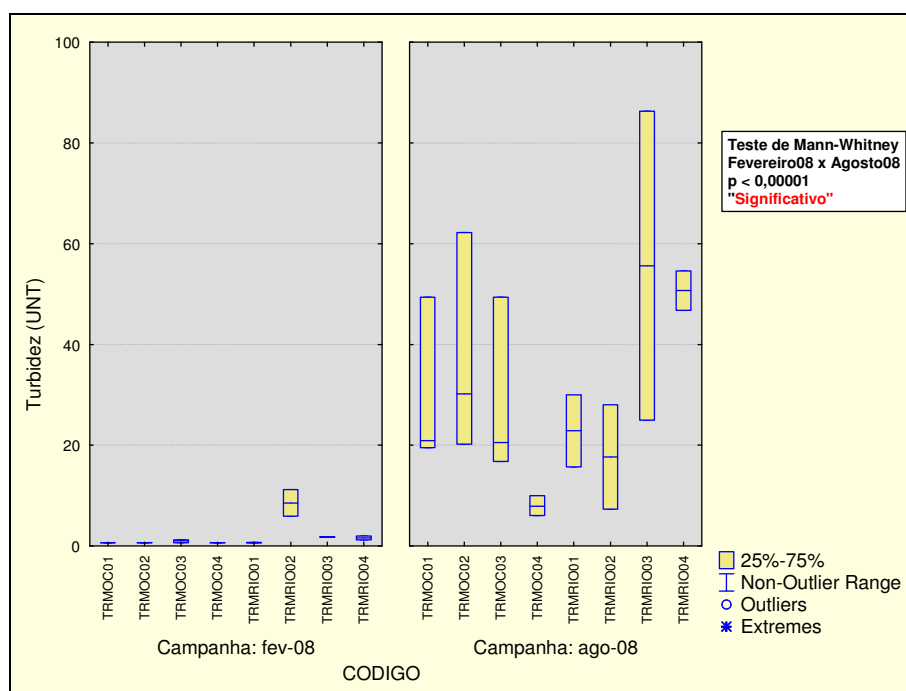


FIGURA 8.2.3-23 – Variação da turbidez entre as estações de amostragem em fevereiro de 2008 e agosto de 2008.

⁴² APHA/AWWA/WEF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. 1998.

8.2.3.2.10. Sólidos Suspensos

Os sólidos em suspensão são compostos pelas frações sedimentáveis e não sedimentáveis de uma amostra. Os sólidos sedimentáveis são aqueles que se depositam quando se deixa a amostra da água em repouso por uma hora (APHA/AWWA/WEF, 1998).

Os teores de sólidos suspensos nas amostras de água apresentaram variação global de 133,0 mg/L na amostra de meio da estação TRMOC01, a 238,0 mg/L na amostra de fundo da estação TRMRIO03. De acordo com a **FIGURA 8.2.3-24**, as amostras da zona estuarina apresentaram maior teor de sólidos suspensos que as estações da zona costeira, especialmente as mais próximas da saída da barra norte - TRMRIO03 e TRMRIO-04. No entanto, é possível notar uma acentuada redução dos teores de sólidos suspensos na segunda campanha de amostragem (agosto-08).

Estes resultados podem ser atribuídos a aspectos naturais da hidrodinâmica observada na área, em especial devido a 03 processos:

- A dinâmica na maré no canal da Ilha de Comandatuba é muito intensa, o que, associado à baixa profundidade e ao processo de lixiviação das margens, eleva o teor de partículas suspensas na água. Esse fenômeno é mais intenso nas duas barras, norte e sul.
- Na campanha de fevereiro de 2008 a direção dos ventos preferencial foi de E-NE, gerando uma corrente de deriva N-S na massa d'água mais próxima da costa da Ilha, aumentando a influência dos sedimentos oriundos da barra Norte. Já em agosto de 2008 (inverno) as correntes apresentaram direção preferencial E-SE, reduzindo o efeito da deriva oriunda da Barra Norte. Houve também menor influência de águas doces sobre a zona avaliada.
- As estações oceânicas estão posicionadas numa zona de baixa profundidade não superior a 11m, onde a dinâmica de ondas e ventos promove a mistura de toda coluna d'água, inclusive com ressuspensão de material do fundo. Isso

pode ser observado na **FIGURA 8.2.3-25**, onde os teores de sólidos suspensos da superfície são similares aos do fundo na maioria das estações.

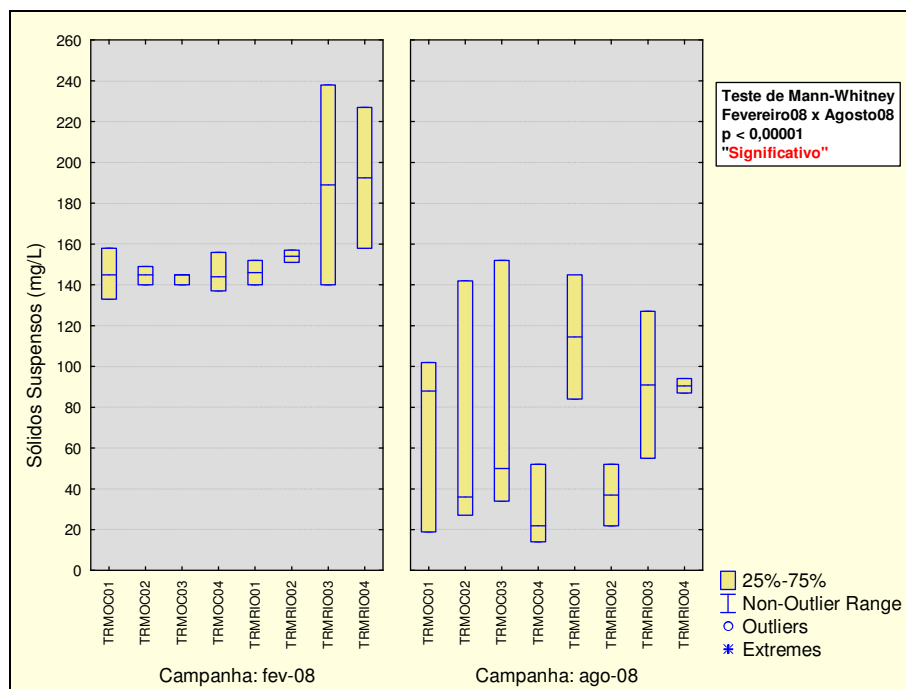


FIGURA 8.2.3-24 – Variação dos sólidos suspensos entre as estações de amostragem em fevereiro de 2008 e agosto de 2008.

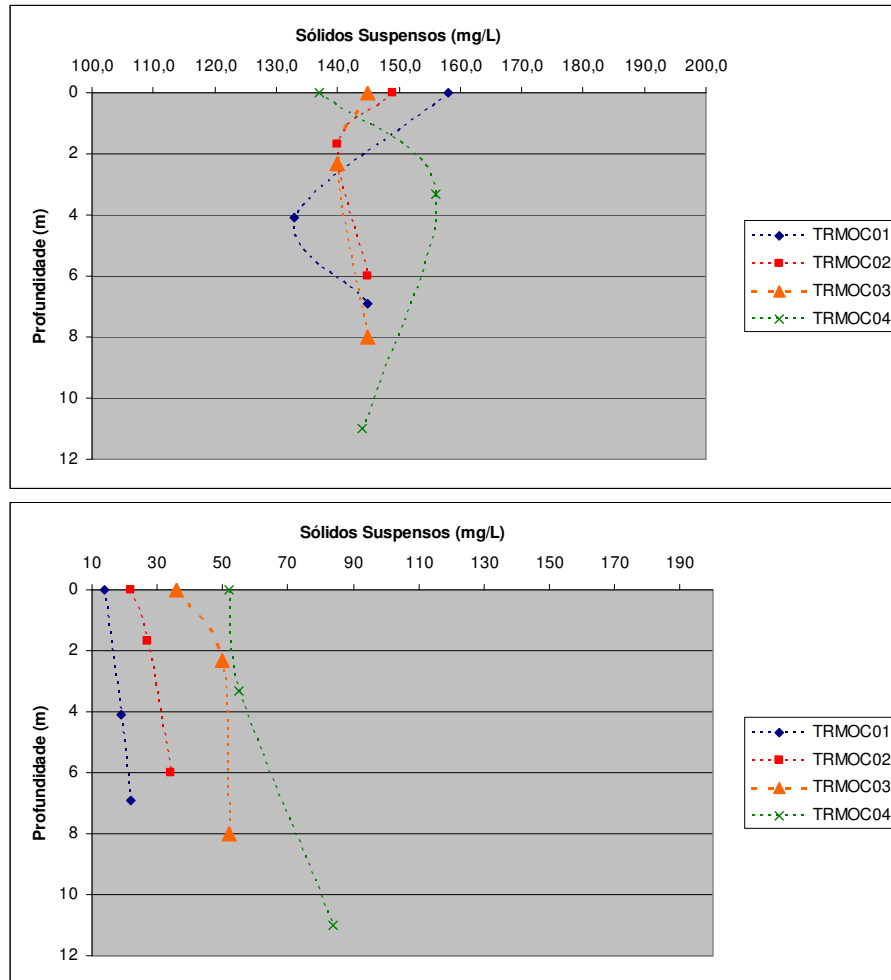


FIGURA 8.2.3-25 – Perfil dos sólidos suspensos na coluna d’água nas estações oceânicas avaliadas em fevereiro de 2008 (acima) e agosto de 2008 (abaixo).

Bactérias

Os resultados da avaliação das concentrações de coliformes termotolerantes, *E. coli* e *Enterococos* foram bastante reduzidos em todas as zonas avaliadas – oceânica, estuarina e praia. A concentração dessas bactérias não foi superior a 10 UFC/100mL na maioria das amostras. O maior resultado foi de $1,4 \times 10^2$ UFC/100mL na amostra de coliformes termotolerantes da estação TRMRIO-01, ainda assim bastante reduzido. Desta forma, os resultados das duas campanhas de amostragem demonstram conformidade com os critérios de balneabilidade definidos na Resolução CONAMA 274/00, que estabelece os seguintes limites para amostras de isoladas:

- Coliformes termotolerantes: não superior a $2,5 \times 10^3$ UFC/100 mL
- *Escherichia coli*: não superior a $2,0 \times 10^3$ UFC/100 mL
- *Enterococos*: não superior a $4,0 \times 10^2$ UFC/100 mL

Em suma, os resultados obtidos nas duas campanhas realizadas em 2008 indicam que a área sob influência do empreendimento está isenta de contaminação por esgotos domésticos.

8.2.3.3. Considerações gerais

Os resultados encontrados nas campanhas de fevereiro e agosto de 2008 não revelaram qualquer indício de contaminação da água que possa estar associado à presença do complexo Hoteleiro na Ilha de Comandatuba. Do mesmo modo, as condições de suporte evidenciadas revelam boa condição de qualidade para o desenvolvimento e sobrevivência das comunidades aquáticas locais. Na faixa de praia, os indicadores avaliados revelaram a boa condição de balneabilidade da área.

Foram encontrados indícios da influência do processo de erosão que está ocorrendo no canal da Ilha sobre o teor de matéria orgânica dissolvida (COT) e suspensa na água, em particular na campanha de verão. Este comportamento possivelmente

esteve associado à influência dos sedimentos lançados na Barra Norte que, por conta da corrente de deriva N-S, são carregados para a zona costeira confrontante com o empreendimento.

Na campanha de inverno, as reduções observadas nos sólidos suspensos, nitratos, COT e temperatura indicaram menor influência de águas doces sobre a área avaliada. Esta tendência já havia sido apontada nas “considerações finais” do item “8.2.1.5. Medição de Correntes” em relação à Barra Sul. Outro fenômeno associado a este padrão seria uma provável redução da produtividade primária na campanha de agosto de 2008 (inverno), hipótese que explicaria a redução do teor de oxigênio dissolvido, sólidos suspensos e nitrogênio na água. O único parâmetro que divergiu desta tendência foi o fósforo total, pois em agosto de 2008 houve elevação dos teores na comparação com os dados da primeira campanha.

Os únicos parâmetros que apresentaram grande número de amostras acima dos padrões legais foram o COT e os Nitratos, especialmente no verão. No entanto, foi registrada uma redução acentuada nos teores de nitratos da primeira para a segunda campanha. Em relação ao COT há interferências naturais que podem explicar os resultados, embora estes possam ter sido superestimados na primeira campanha de amostragem. Já em relação aos nitratos, os teores detectados na primeira campanha estiveram em total dissonância com os demais indicadores, principalmente o fósforo, como ficou demonstrado com o cálculo da razão de Redfield. Por essa razão há uma grande possibilidade de ter ocorrido erro analítico nas amostras de nitrato em fevereiro de 2008.