

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
CENTRO DE ESTUDOS DO MAR

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DE BACTÉRIAS AO LOGO DE UM
CICLO DIURNO DE MARÉ, NA GAMBOA DO MACIEL, PARANÁ.**

Franciane Corrêa

Monografia apresentada ao Centro de Estudos
do Mar como requisito parcial para obtenção
do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Hedda Elisabeth Kolm

Co-orientadora: MSc. Adriana Siqueira

Pontal do Sul – PR

2004

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Hedda Elisabeth Kolm pela orientação na minha pesquisa, pela sua atenção e paciência, por me apresentar à disciplina de Microbiologia Marinha. À Adriana, que muito me auxiliou nas análises, se mostrando uma amiga.

Aos professores Erasto, Aranha, Emídio, Idinha, Ida e Araci pelas ótimas aulas.

À minha mãe e familiares, pela paciência, apoio e dedicação.

Às amigas e amigos que fiz durante a graduação: Mariana, Carla, Ana Paula, Suzana, Marjorie, Juliana, Naligia, Igor, Guilherme, Carlos e Robert, a todos os colegas de graduação, e as amigas Ellen e Tatiana. Agradeço a todos pelo carinho, companheirismo, ajuda e compreensão.

E a todos que, mesmo indiretamente, ajudaram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	I
Lista de Tabelas	II
Resumo	III
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	2
2 ÁREA ESTUDADA	3
3 MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1 DADOS ABIÓTICOS	6
3.1.1 Maré	6
3.1.2 Temperatura	6
3.1.3 Salinidade	6
3.1.4 Potencial hidrogeniônico	6
3.1.5 Oxigênio dissolvido	6
3.1.6 Seston	7
3.1.7 Transparência	7
3.2 DADOS BIÓTICOS	7
3.2.1 Clorofila	7
3.2.2 Bactérias heterotróficas totais e biomassa bacteriana	7
3.2.2 Bactérias heterotróficas aeróbias cultiváveis halófilas e halófobas	8
3.2.3 Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	8
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	9
4 RESULTADOS.....	10
5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....	18
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
Anexos	22

Lista de Figuras

Figura 1	Mapa da região estudada. A) Gamboa do Maciel com estações de coleta; B) Complexo Estuarino Baía de Paranaguá com a região de coleta e C) Brasil com a localização do estuário.	4
Figura 2	Localização dos locais de coleta. A) estação 1; B) estação 2 e C) estação 3.	5
Figura 3	Alturas da maré, em metros, nas estações amostrais.	10
Figura 4	A) Temperaturas observadas nas estações e períodos de coleta. B) ANOVA resultante da comparação das temperaturas entre os períodos de maré.	10
Figura 5	A) Valores da salinidade observados nas três estações no período estudados. B) ANOVA resultante da comparação das salinidades entre os períodos de maré.	11
Figura 6	A) Valores de pH observados nas três estações nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação do pH entre os períodos de maré.	11
Figura 7	A) Percentagem de oxigênio dissolvido para as estações nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação da percentagem de saturação do oxigênio dissolvido entre os períodos de maré.	12
Figura 8	A) Valores de seston nas três estações nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação dos teores de seston entre os períodos de maré.	12
Figura 9	A) Transparência da água (m) nas três estações nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação da transparência da água entre os períodos de maré.	13
Figura 10	A) Valores de clorofila nas três estações nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação da clorofila entre os períodos de maré.	14
Figura 11	A) Bactérias heterotróficas totais nas três estações e nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação das quantidades de bactérias heterotróficas totais entre os períodos de maré.	14
Figura 12	A) Valores absolutos de biomassa bacteriana nas três estações durante o período estudado.	15
Figura 13	A) Bactérias halófilas nas três estações e nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação das medias entre os períodos de maré.	15
Figura 14	A) Bactérias halófilas nas três estações e nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação dos valores de bactérias entre os períodos de maré.	16
Figura 15	A) Valores absolutos de coliformes totais nas três estações durante o período estudado. B) Resultados da ANOVA dos dois períodos de maré.	16
Figura 16	A) Valores absolutos de <i>E. coli</i> nas três estações durante o período estudado.	17
Figura 17	Representação gráfica dos dois primeiros componentes da Análise dos Componentes Principais.	17

Lista de Tabelas

Tabela I	Meio de cultura ZoBell 2216E modificado.	8
Tabela II	Valores absolutos dos parâmetros estudados	23

RESUMO

Apesar de ocorrerem em todos os ambientes marinhos, a importância das bactérias é maior nas regiões próximas à costa (deltas, estuários, baías e desembocaduras de rios) devido, por um lado ao “input” de matéria orgânica e nutrientes provenientes da terra firme, por outro às influências antrópicas (cidades, povoados, portos, etc.) que as alteram, quantitativa e qualitativamente, de forma direta ou indireta. Foi objetivo da presente pesquisa: 1) avaliar espacial- e temporalmente o quantitativo de bactérias heterotróficas totais, biomassa bacteriana, bactérias heterotróficas aeróbicas halófilas e halófobas, coliformes totais e *Escherichia coli*, 2) avaliar sua interrelação com parâmetros bióticos (clorofila) e abióticos (temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, seston, transparência da água e pluviosidade) com a alternância da maré na Gamboa do Maciel. A Gamboa do Maciel está localizada entre a cidade de Paranaguá e a Ilha do Mel, no setor euhalino do Complexo Estuarino de Paranaguá. Na sua desembocadura ocorre uma depressão com profundidade máxima estimada em 20 m. O sedimento desta área é estruturalmente complexo, com 16 classes texturais distintas, desde finos até grânulos. Os valores de carbonato de cálcio são intermediários (6,7%) e os de matéria orgânica elevados. Suas margens são bordeadas por manguezais com pouca influência antrópica. Segundo fotografias aéreas recentes a região mais interna da gamboa encontra-se interligada com o Rio Guaraguaçu. Os resultados mostraram que, com exceção da biomassa bacteriana e da *Escherichia coli*, houve variação significativa de todos os parâmetros estudados com a alternância da maré. Por outro lado, não pode ser observada variação significativa dos fatores bióticos e abióticos estudados ao longo da gamboa. Concluiu-se que a água, durante o período estudado apresentou padrões satisfatórios de balneabilidade e insatisfatórios para o cultivo de organismos a serem ingeridos crus e sem prévia depuração.

1) INTRODUÇÃO

No ambiente aquático, tanto limnico, quanto marinho, as bactérias podem ocorrer livres ou aderidas a partículas orgânicas e inorgânicas. Podem ser encontradas em todo o ambiente marinho, inclusive nas fossas abissais e ventos termais. Na coluna d'água, seu número é maior na zona fótica, devido a um acúmulo maior de fitoplâncton, assim como na região localizada logo acima do sedimento, devido a ressuspensão do mesmo (Rheinheimer, 1985).

Apesar de ocorrerem em todos os ambientes marinhos, sua importância é maior nas regiões próximas à costa (deltas, estuários, baías e desembocaduras de rios) devido, por um lado ao “input” de matéria orgânica e nutrientes provenientes da terra firme (Gunkel, 1966; Gocke, 1977; Rheinheimer, 1985), por outro às influências antrópicas (cidades, povoados, portos, etc.) que as alteram, quantitativa e qualitativamente, de forma direta ou indireta (Kolm & Andretta, 2003).

Em regiões costeiras, principalmente em baías e estuários, ocorrem, além das bactérias marinhas, adaptadas a ambientes de alta salinidade, bactérias halotolerantes, adaptadas a regiões de salinidades intermediárias, e halófitas, trazidas principalmente através dos rios. Estas últimas se desenvolvem melhor em meios de cultura de água doce e no mar só sobrevivem por tempo limitado.

Poucos são os estudos bacteriológicos efetuados no Complexo Estuarino Baía de Paranaguá e regiões adjacentes. Kolm & Corrêa (1994) analisaram o número de bactérias saprófitas no sedimento de um perfil vertical à linha da maré em uma praia arenosa em frente a Pontal do Sul. Os autores concluíram que o maior número de saprófitas ocorrem na região da última maré alta. Kolm & Absher (1995) estudaram o número de saprófitas ao longo das baías de Paranaguá e Antonina e sua inter-relação com os fatores ambientais. Kolm & Lesnau (1997), estudando a variação de bactérias saprófitas em duas colunas d'água, uma próxima e outra distante de manguezais; concluíram que, apesar de ambas serem influenciadas por águas da plataforma continental, existem variações quanto aos hábitos bacterianos. Schoenenberger (1998) efetuou os primeiros estudos bacteriológicos das baías de Guaraqueçaba e Laranjeiras. Kolm & Andretta (2003) efetuaram as primeiras pesquisas bacteriológicas na Gamboa do Perequê estudando a influência da maré sobre o bacterioplâncton da mesma. Os resultados

obtidos nesta pesquisa mostram que, durante o período estudado, as marés de sizígia, principalmente depois de períodos de chuvas intensas, influenciaram os valores de bactérias heterotróficas aeróbias e de coliformes totais e fecais. Por sua vez, as marés de quadratura influenciaram as bactérias heterotróficas totais e a biomassa bacteriana. Em 1999 Kolm & Siqueira efetuaram estudos sobre a influência da dragagem de um canal de acesso ao Porto de Paranaguá sobre o quantitativo da bacteriofauna. As autoras concluíram que, em consequência da dragagem, o número de bactérias heterotróficas totais aumentou nos sedimentos arenolodosos em regiões internas da baía. Ao contrário, nas regiões externas, de alta energia e com sedimentos arenosos, não puderam ser verificadas alterações no quantitativo bacteriano. Resultados semelhantes puderam ser observados pelas autoras em 2000, quando da dragagem do Canal da Ponta do Félix, que liga a cidade de Paranaguá à cidade de Antonina. Strapasson (2000) efetuou pesquisas bacteriológicas na região do Rio Guaraguaçu, que desemboca no setor euhalino do estuário, influenciada pelas marés. A autora concluiu que as altas pluviosidades dos meses de verão influenciaram as bactérias heterotróficas aeróbias halófilas e halófbas, principalmente nas estações internas, enquanto os valores de bactérias heterotróficas totais e os de coliformes fecais, foram mais altos nas regiões próximas ao estuário no período de secas. Os valores de coliformes totais foram mais elevados nas regiões internas do rio durante os meses de pouca pluviosidade. Kolm *et al.* (2002) publicaram, para as Baías de Paranaguá e Antonina, os primeiros dados de bactérias heterotróficas totais, de biomassa bacteriana e de coliformes totais e fecais, e sua interrelação com dados abióticos.

Não existem estudos microbiológicos efetuados ao longo da gamboa do Maciel. Entretanto Kolm & Absher (1995) efetuaram, entre 1985 e 1986, um estudo de bactérias heterotróficas aeróbias cultiváveis em águas superficiais ao longo das Baías de Paranaguá e Antonina e concluíram que os valores bacterianos registrados na entrada da Gamboa do Maciel não diferiam significativamente dos observados nas demais regiões externas do estuário.

1.1) OBJETIVOS

A presente pesquisa tem como objetivos estudar, em águas superficiais, em um ciclo de marés diurno, as seguintes variações ao longo da Gamboa do Maciel:

- a) Bactérias heterotróficas totais e biomassa bacteriana;
- b) Bactérias heterotróficas aeróbias cultiváveis halófilas e halófobas;
- c) Coliformes totais e *Escherichia coli*;
- d) Inter-relacionar os microorganismos acima citados com os seguintes parâmetros bióticos e abióticos: clorofila, maré, temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, seston, transparência da água e precipitação.

2) ÁREA ESTUDADA

O Complexo Estuarino Baía de Paranaguá (25°16'34''S; 48°17'42''W) é o maior estuário do Estado do Paraná e estende-se por aproximadamente 50 km continente adentro. É dividido, em base no sistema de drenagem terrestre, em dois setores principais: a) setor norte, formado pelas baías das Laranjeiras, de Guaraqueçaba, dos Pinheiros e pelas enseadas do Benito e de Itaqui e b) setor oeste, formado pelas Baías de Paranaguá e Antonina (Fig. 1B) (Müller, 1984; Absher, 1989).

Em todo o complexo estuarino podem ser encontrados baixios e ilhas de médio e pequeno porte. Grandes quantidades de rios desembocam principalmente na parte interna do estuário. Ao longo das suas margens e nas ilhas, podem ser encontradas ainda gamboas ou “marigots”. Por definição, gamboas são pequenos esteiros, que se enchem com o fluxo da maré e ficam em seco na vazante (Magliocca, 1987).

Toda a orla do estuário, assim como os rios e gamboas, são margeados por manguezais constituídos de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. Nas regiões mais calmas do estuário ocorrem bancos de *Spartina alterniflora*. Segundo Rebello & Brandini (1990) essas formações florísticas propiciam o enriquecimento da região por detritos orgânicos.

Na entrada do Complexo Estuarino Baía de Paranaguá encontram-se as Ilhas do Mel e da Galheta. As vias de interligação mais importantes do estuário com a plataforma continental são o Canal da Galheta, constantemente dragado que permite o acesso dos navios ao porto de Paranaguá, e o Canal Sueste formado pela união dos canais Norte e Sueste, provenientes do mar aberto.

Os rios mais importantes que desembocam na Baía de Paranaguá são o Guaraguaçu, o Itiberê e o Nhundiaquara. Além deles, podem ser encontrados vários “rios”, tais como o das

Pedras, o Embocui, o Emboguaçu, o Maciel, o Baguaçu e o Perequê. Estas confluências de água, na realidade, não são “rios”, mas sim “gamboas”, “rios de marés” ou “marigots”.

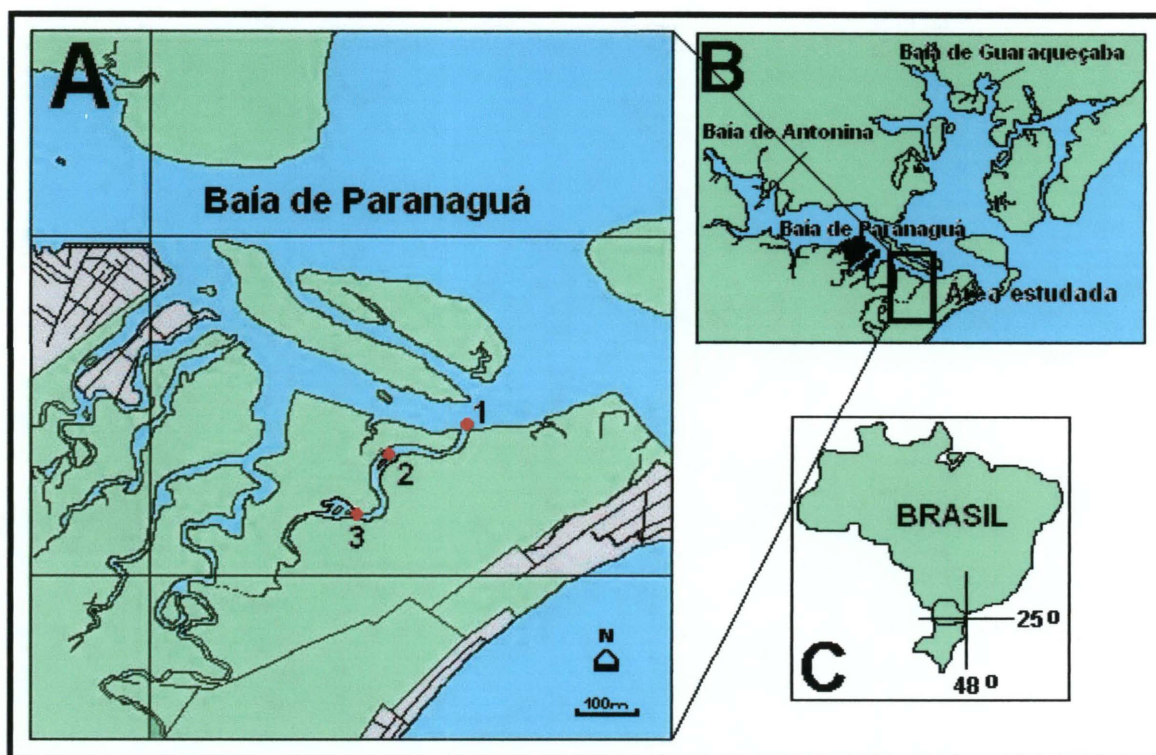


FIGURA 1. Mapa da região estudada. A) Gamboa do Maciel com estações de coleta; B) Complexo Estuarino Baía de Paranaguá com a região de coleta e C) Brasil com a localização do estuário. ● Estações de coleta.

A Gamboa do Maciel tem uma extensão de aproximadamente 13 Km e encontra-se localizada entre a Ilha do Mel e a cidade de Paranaguá no setor euhalino do estuário. Na sua desembocadura ocorre uma depressão com profundidade máxima estimada em 20 m. Segundo Lana (1986), o sedimento desta área é estruturalmente complexo, com 16 classes texturais distintas, desde finos até grânulos. Os valores de carbonato de cálcio são intermediários (6,7%) e os de matéria orgânica elevados. Suas margens são bordeadas por manguezais com pouca influência antrópica. Segundo fotografias aéreas recentes a região mais interna da gamboa encontra-se interligada com o Rio Guaraguaçu. (Fig. 1A).

3) MATERIAIS E MÉTODOS

No dia 02 de abril de 2004 foram efetuadas coletas de água de superfície, na baixa-mar e na preamar em três estações ao longo da Gamboa do Maciel (Fig. 2). Durante a baixa-mar a água foi coletada de jusante para montante e na preamar no sentido inverso. Todas as amostras foram recolhidas com o auxílio de um “pegador”, constituído por uma vasilha plástica acoplada a um cabo de madeira, desenvolvido por Andretta (1999). A temperatura e a transparência da água foram obtidas no próprio local da coleta. Os demais parâmetros foram analisados nos laboratórios de Biogeoquímica e de Microbiologia Ambiental Marinha do Centro de Estudos do Mar da UFPR. Os dados de pluviosidade foram fornecidos pelo Laboratório de Física Marinha do CEM.

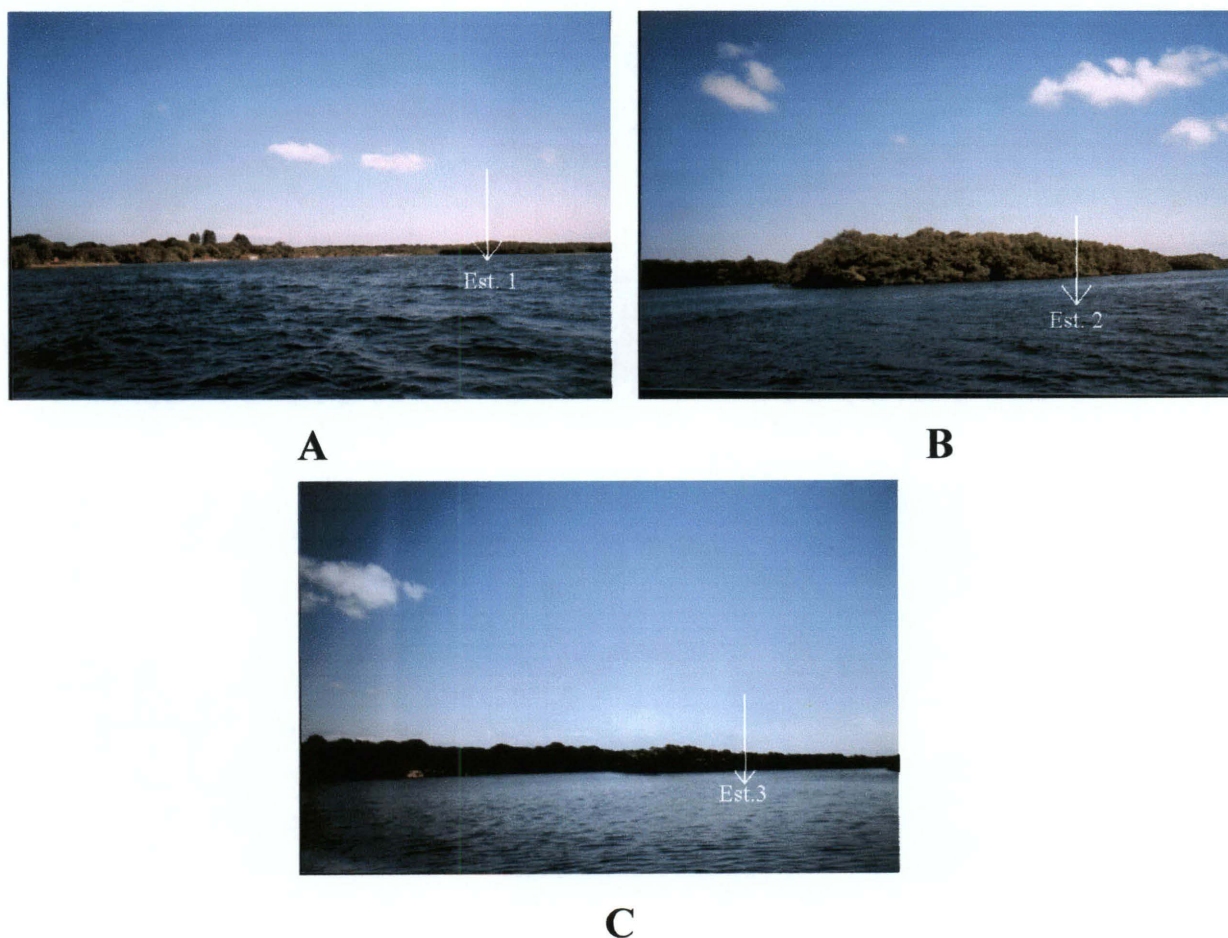


FIGURA 2. Localização dos locais de coleta. A) estação 1; B) estação 2 e C) estação 3.

Para cada amostra foram feitas as seguintes análises:

3.1) DADOS ABIÓTICOS

3.1.1) Maré

Para obter os valores de marés foi consultada a Tábua de Marés, fornecida pelo Laboratório de Física Marinha do CEM, com os horários de baixa-mar e de preamar, e feita uma estimativa entre Galhetas e Paranaguá (uma vez que a Gamboa do Maciel se encontra entre as duas).

3.1.2) Temperatura

Os valores foram obtidos com termômetro padrão, escala 1/40 °C.

3.1.3) Salinidade

A salinidade foi medida com refratômetro ATAGO modelo S/MILL com escala de 0/40‰.

3.1.4) Potencial hidrogeniônico

Verificou-se o pH com auxílio de pHmetro portátil digital Atago.

3.1.5) Oxigênio dissolvido

Conforme procedimento descrito por Winkler, as amostras foram colocadas em frascos esmerilhados com volume conhecido, evitando a formação de bolhas. No local da coleta foram adicionados 1,0 mL de Cloreto de Manganês II e 1,0 mL de Iodeto de Potássio (para precipitação de matéria orgânica). Os frascos foram agitados suavemente e acondicionados em uma caixa de isopor com água.

No Laboratório de Biogeoquímica Marinha as amostras foram tituladas com tiosulfato de sódio.

3.1.6) Seston

Para a avaliação do seston foram filtrados 400 mL de cada amostra, em filtros GF 52-C (Schleicher & Schuell) previamente pesados. Em seguida os filtros foram secos em estufa a 60°C até a constância de peso. Através da diferença entre os pesos obteve-se o valor do seston.

3.1.7) Transparência

Os dados foram obtidos no campo com auxílio de um Disco de Secchi.

3.2) DADOS BIÓTICOS

3.2.1) Clorofila

Para cada amostra de água foram filtradas 60 mL, em filtros de fibra de vidro Whatman GF/C de 27 mm, estocadas em envelopes de papel alumínio a -18°C. A análise quantitativa de clorofila foi realizada pelo método fluorimétrico, como descrito por Strickland & Parsons (1968).

Para extração de clorofila, foi utilizada como solvente acetona a 90% e a leitura foi realizada em fluorímetro Turner 10-AU.

3.2.2) Bactérias heterotróficas totais e biomassa bacteriana

Amostras de 15mL de água foram coletadas, formalizadas *in loco* e transportadas para o laboratório.

Filtros de membrana Nucleopore (0.22 μm de poro), previamente escurecidos, foram utilizados para filtrar 0,5 mL de cada amostra. A contagem de bactérias foi realizada por microscopia de epifluorescência (Microscópio Nikon, mod. Labophot), utilizando-se o fluorocromo laranja de acridina segundo metodologia descrita por Parsons *et al* (1984).

Para o cálculo da biomassa bacteriana as bactérias de seis campos óticos foram quantificadas em cocos, bacilos pequenos e bacilos grandes (aproximadamente 0.5 x 0.5 μ , 0.5 x 1.0 μ e acima de 1.0 μ respectivamente); O biovolume foi determinado a partir do volume de figuras geométricas aproximadas com um fator de conversão de 0.4pgC. μm^{-3} (Bjørnsen & Kuparinen, 1991).

3.2.3) Bactérias heterotróficas aeróbias cultiváveis halófilas e halófobas (saprófitas ou unidades formadoras de colônias – UFC)

Amostras de água foram cultivadas utilizando-se a metodologia descrita por Kolm & Corrêa (1994) e Kolm & Absher (1995). O meio de cultura utilizado foi o ZoBell 2216E, modificado por Gunkel (1964), mostrado na tabela a seguir:

Tabela I: Meio de cultura ZoBell 2216E modificado.

Extrato de levedura	1 g
Peptona de carne	5 g
Fosfato de Ferro III	0.01 g
Ágar	13 g
Água *	1000 mL
pH	7.5 a 7.6

* Para bactérias halófilas utilizou-se água destilada, e para halófilas água envelhecida na proporção de 3 partes de água salgada para 1 parte de água destilada.

Para a contagem de bactérias halófilas foram preparadas placas de Petri com meio de cultura e as seguintes diluições: 1 e 1:10 para as halófilas e 1:10 e 1:100 para as halófilas. Para avaliação dos resultados foram selecionadas as diluições de 1 e 1:10 para halófilas e halófilas respectivamente.

3.2.4) Análise de coliformes totais e *Escherichia coli*

As amostras de água foram diluídas na proporção de 1:10 com água destilada previamente autoclavada. Para a análise foi utilizados um substrato cromogênico, composto basicamente por sais orto-nitrofenil--d-galactopiranosídeo (ONPG), específico para coliformes totais, e 4-metil-umbeliferil glucoronídeo (MUG), específico para *Escherichia coli*, conforme descritos nos "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (1995). Os produtos utilizados foram os Colilert em acordo com a metodologia sugerida pela empresa Idexx Laboratories Inc.

Para análise o material foi acondicionado em cartelas e incubado por 18 horas a 36°C. Os coliformes totais foram contados sob iluminação natural e *E. coli* sob luz ultravioleta de 365 nm. Para obtenção do número mais provável dos coliformes (NMP) foi utilizada uma tabela fornecida pela própria empresa.

3.3) ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os resultados obtidos foram analisados com auxílio do pacote STATISTICA (StatSoft Inc., 1997 e 2001).

Com a finalidade de comparação entre as variáveis analisadas foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA). Os resultados foram apresentados na forma de gráficos com os valores de “F”, dos graus de liberdade e de “p” inseridos nos textos. O nível de significância adotado foi de 95%.

Para identificação da distribuição temporal e espacial dos parâmetros estudados foi utilizada a Análise dos Componentes Principais – PCA (Bouroche & Saporta, 1982; Legendre & Legendre, 1983, Klarck e Warwick, 1994).

4) RESULTADOS

Os valores dos parâmetros estudados ($n=2$) encontram-se na tabela II. Para a confecção dos gráficos e análise estatística foi calculada a média aritmética dos resultados obtidos.

4.1. VALORES ABIÓTICOS

4.1.1. Maré

Os picos, tanto da baixa-mar (0,205 m) quanto da preamar (1,455 m), ocorreram na estação 1 (1B e 1P).

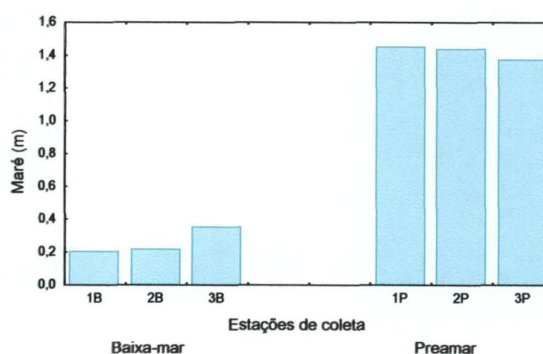


FIGURA 3. Alturas da maré, em metros, nas estações amostrais.

4.1.2. Temperatura da água

A temperatura mais alta foi observada durante a preamar na estação 3 (27°C) e a mais baixa foi observada na estação 1 durante a baixa-mar (25°C). Ao longo do período de coleta as médias das temperaturas da baixa-mar foram significativamente menores que a das preamares ($F(1,10) = 8,72$; $p < 0,0145$) (Fig. 4B). Entre as estações não foram observadas variações significativas ($F(2,9) = 0,38$; $p < 0,6951$).

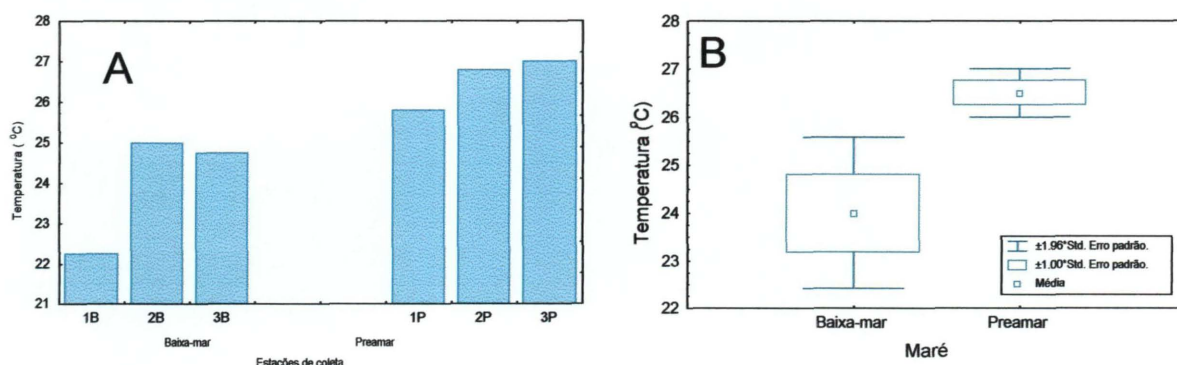


FIGURA 4. A) Temperaturas observadas nas estações e períodos de coleta. B) ANOVA resultante da comparação das temperaturas entre os períodos de maré.

4.1.3. Salinidade

Os menores valores de salinidade foram observados na estação 1 tanto na preamar (31 u.p.s.) quanto na baixa-mar (18 u.p.s.) (Fig. 5A). As diferenças observadas entre as médias da salinidade da baixa-mar e da preamar foram significativas ($F(1,10) = 12,82$; $p < 0,0050$), ao longo do período de coleta, com valores mais elevados na preamar (Fig. 5B). As variações observadas entre as estações a variação não foram significativas ($F(2,9) = 2,81$; $p < 0,1124$).

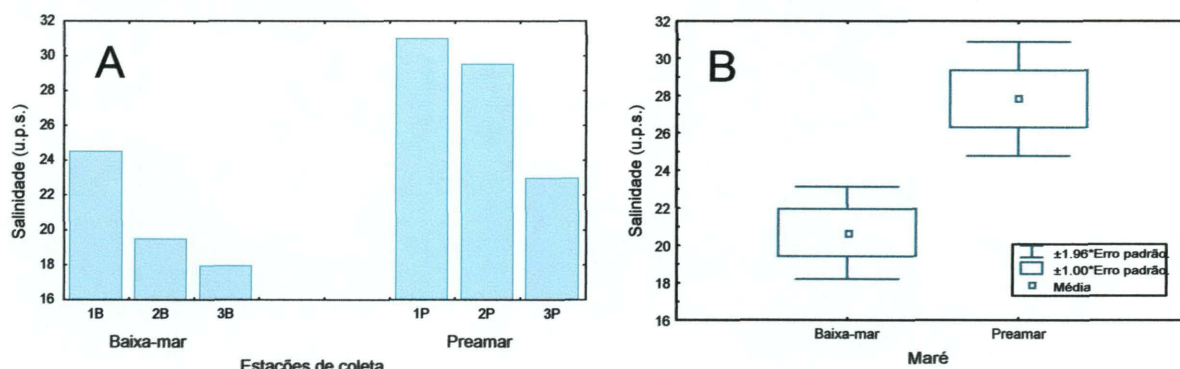


FIGURA 5. A) Valores da salinidade observados nas três estações no período estudados. B) ANOVA resultante da comparação das salinidades entre os períodos de maré.

4.1.4. Potencial hidrogeniônico

O pH variou entre 8,42, na estação 1 durante a preamar, e 7,4 na estação 3 durante a baixa-mar (Fig. 6A). Foram significativas as diferenças entre as médias das baixa-mares e preamares ($F(1,10) = 13,54$; $p < 0,0043$) (Fig. 6B).

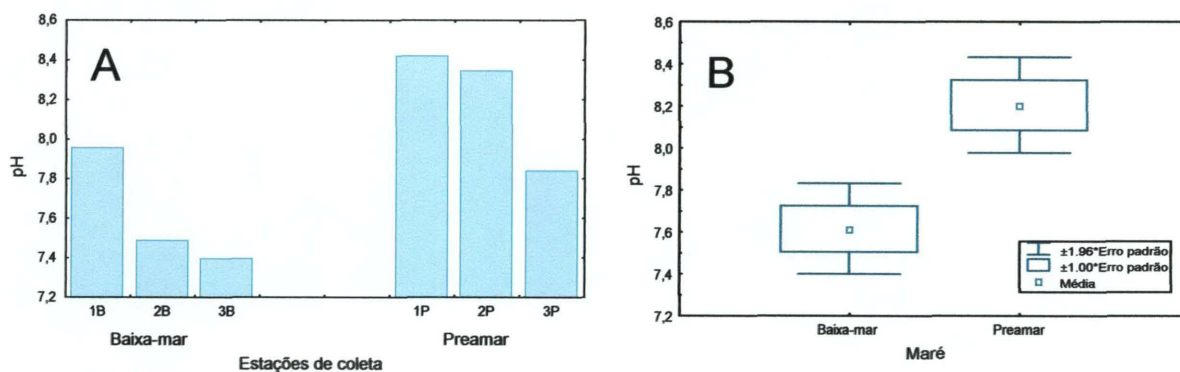


FIGURA 6. A) Valores de pH observados nas três estações nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação do pH entre os períodos de maré.

4.1.5. Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido atingiu o máximo de 106,35% na estação 2P e manteve-se próximo ao ponto de saturação durante a preamar. Valores mais baixos, com um mínimo de 53,4% na estação 3B, foram observados durante a baixa-mar (Fig. 7A). As variações de oxigênio dissolvido, observadas entre as estações de coleta não foram significativas ($F(2,9) = 0,27$; $p < 0,7665$). Para as marés ao contrário a variabilidade foi altamente significativa ($F(1,10) = 88,93$; $p < 0,0000$) (Fig. 7B).

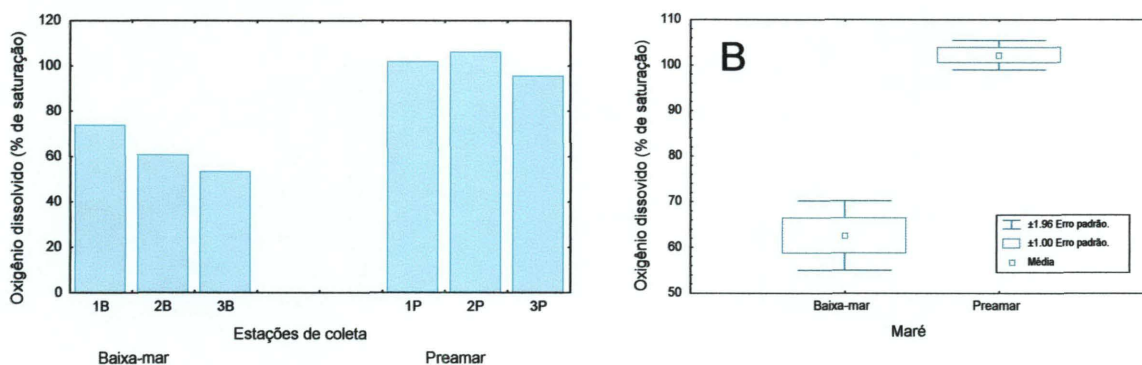


FIGURA 7. A) Percentagem de oxigênio dissolvido para as estações nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação da percentagem de saturação do oxigênio dissolvido entre os períodos de maré.

4.1.6. Seston

A maior quantidade de seston encontrada na água foi de 60,61 mg.L⁻¹ (estação 2P) e a menor 42,13 mg.L⁻¹ (estação 3B) (Fig. 8A). As variações entre as médias do seston foram significativas entre os períodos de coleta ($F(1,10) = 11,51$; $p < 0,0069$) (Fig. 8B).

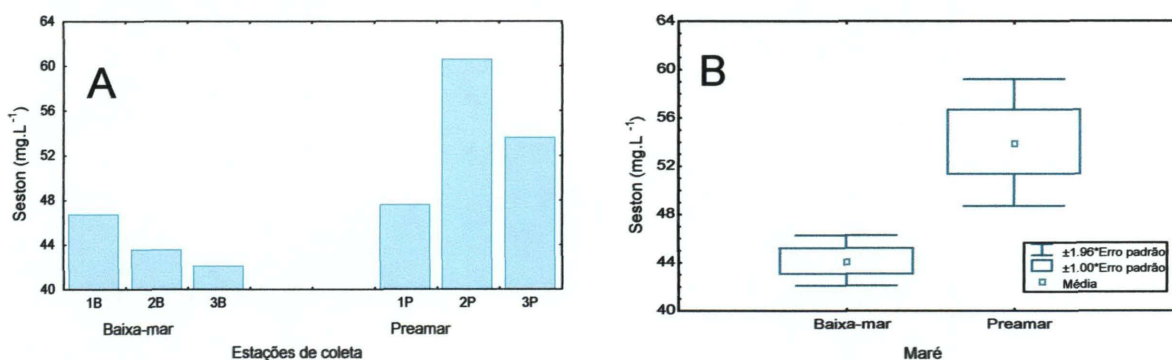


FIGURA 8. A) Valores de seston nas três estações nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação dos teores de seston entre os períodos de maré.

4.1.7. Transparência da água

A maior transparência da água foi observada na estação 1P (4,22m) e a menor nas estações 2 e 3B (0,90 m) (Fig.9A). As variações na transparência da água com a variação da maré foram significativas e não podem ser atribuídas ao erro de amostragem ($F(1,10) = 6,18$; $p < 0,0322$) (Fig. 9B). Não foram significativas entre as estações de coleta ($F(2,9) = 3,65$; $p < 0,0691$).

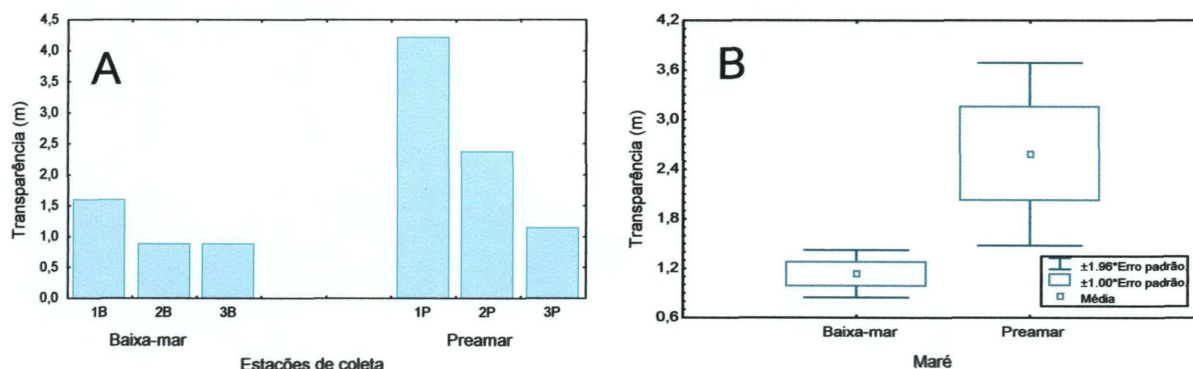


FIGURA 9. A) Transparência da água (m) nas três estações nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação da transparência da água entre os períodos de maré.

4.1.8. Precipitação

Foram registradas precipitações de 1 e 4 mm respectivamente três e nove dias antes da coleta. Nos demais dias, incluindo o dia da coleta, não foi registrada chuva.

4.2. VALORES BIÓTICOS

4.2.1. Clorofila

O maior valor de clorofila ($6,67 \mu\text{g.L}^{-1}$) foi observado na estação 1P. Os menores valores, com um mínimo de $4,84 \mu\text{g.L}^{-1}$, ocorreram nas estações 2 e 3B (Fig. 10A). As médias de clorofila foram significativamente diferentes entre os períodos de maré ($F(1,10) = 12,58$; $p < 0,0069$), com valores mais elevados durante a preamar (Fig.10B). Entre as estações de coleta, ao contrário, as diferenças observadas não foram significantes ($F(2,9) = 1,19$; $p < 0,3471$).

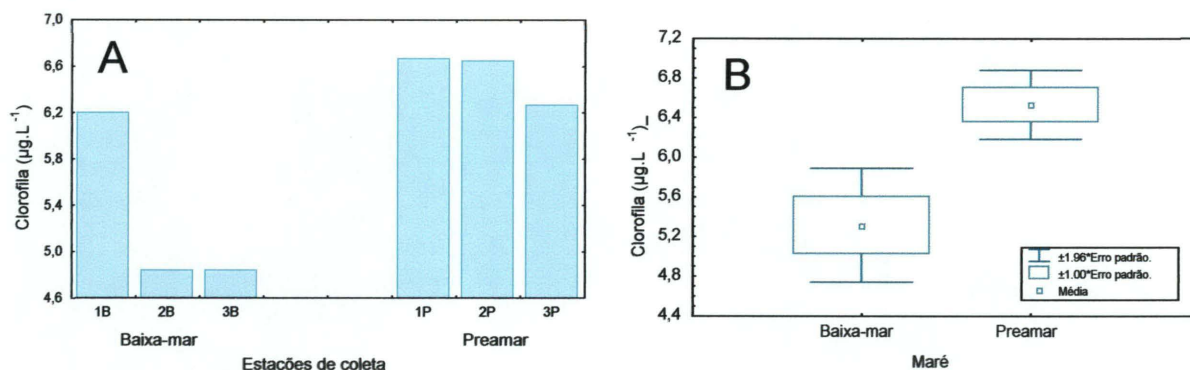


FIGURA 10: A) Valores de clorofila nas três estações nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação da clorofila entre os períodos de maré.

4.2.2. Bactérias heterotróficas totais

O máximo de bactérias heterotróficas totais foi observado na estação 3P e o mínimo na estação 2P (2.333 e $1.158 \text{ cel.}10^3.\text{mL}^{-1}$ respectivamente), ambos durante a preamar (Fig. 11A). As diferenças nas quantidades de bactérias heterotróficas totais entre as duas marés foram significativamente diferentes ($F(1,10) = 24,90$; $p < 0,0005$) (Fig. 11B). Isto não ocorreu entre as estações de coleta ($F(2,9) = 0,02$; $p < 0,9823$).

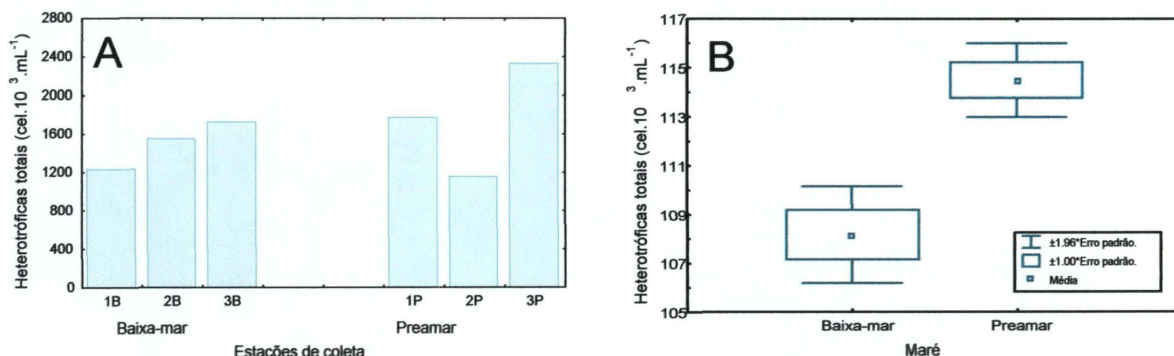


FIGURA 11: A) Bactérias heterotróficas totais nas três estações e nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação das quantidades de bactérias heterotróficas totais entre os períodos de maré.

4.2.3. Biomassa bacteriana

Assim como observado para as bactérias heterotróficas totais os maiores ($132,251 \mu\text{g.C.L}^{-1}$) e menores ($81,01 \mu\text{g.C.L}^{-1}$) valores de biomassa bacteriana foram observados, respectivamente, nas estações 3P e 2P (Fig. 12A). Entretanto, ao contrário do observado para o quantitativo bacteriano, as diferenças das médias da biomassa não foram significativas entre os períodos de maré.

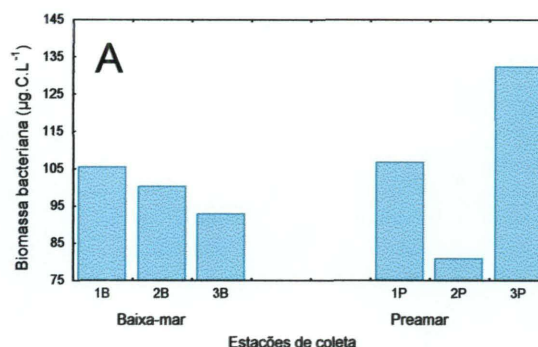


FIGURA 12. A) Valores absolutos de biomassa bacteriana nas três estações durante o período estudado.

4.2.4. Bactérias heterotróficas aeróbicas halófilas

A maior quantidade de bactérias heterotróficas aeróbicas halófilas foi encontrada na estação 3B ($3.935 \text{ UFC.mL}^{-1}$), e a menor (592 UFC.mL^{-1}) na estação 1P (Fig. 13A). As diferenças obtidas nas quantidades médias de bactérias foram significativamente diferentes entre as marés ($F(1,10) = 7,97$; $p < 0,0181$) (Fig. 13B). Contudo, não foram significativamente diferentes entre as estações de coleta ($F(2,9) = 1,68$; $p < 0,2404$).

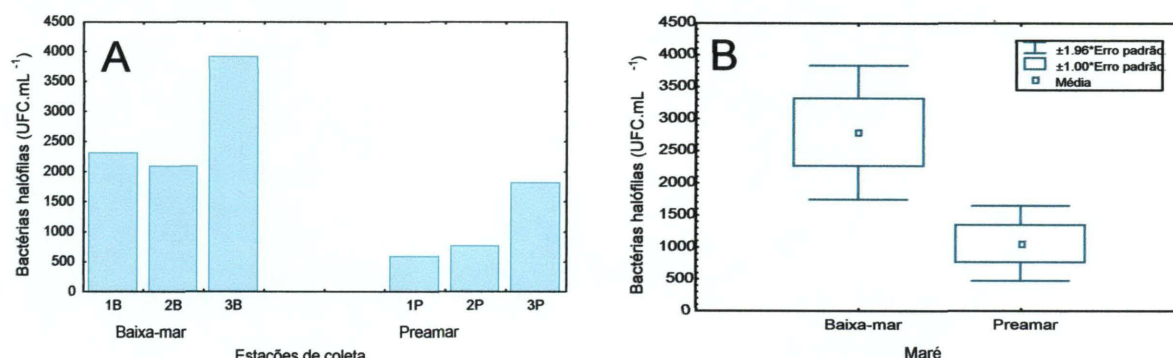


FIGURA 13. A) Bactérias halófilas nas três estações e nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação das médias entre os períodos de maré.

4.2.5. Bactérias heterotróficas aeróbicas halófilas

As bactérias heterotróficas aeróbicas halófilas foram encontradas em maior número na estação 3B ($1.190 \text{ UFC.mL}^{-1}$) (Fig. 14A). Ao contrário, na estação 1P elas ocorreram em menor quantidade (145 UFC.mL^{-1}). As diferenças observadas nas quantidades foram significativas entre os períodos de maré ($F(1,10) = 7,23$; $p < 0,0227$) (Fig. 14B), e não significativa entre as estações de coleta ($F(2,9) = 2,41$; $p < 0,1455$).

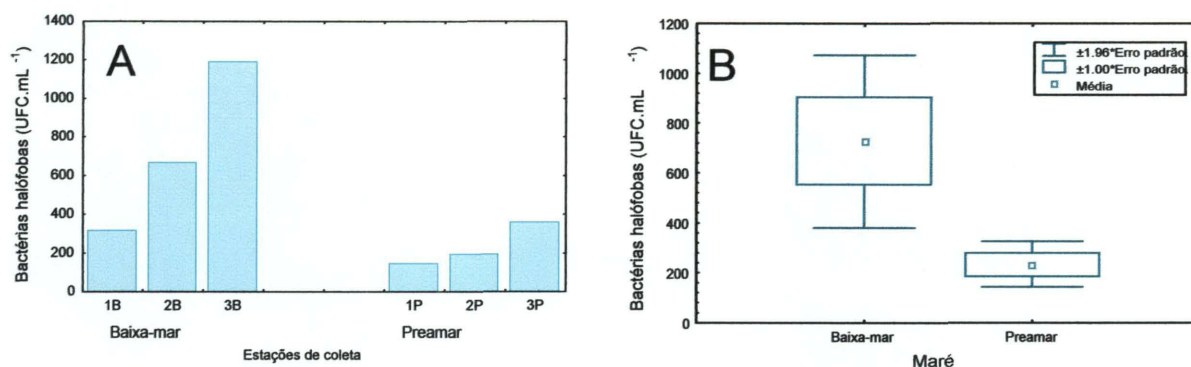


FIGURA 14. A) Bactérias halófilas nas três estações e nos períodos estudados. B) ANOVA resultante da comparação dos valores de bactérias entre os períodos de maré.

4.2.6. Coliformes totais

Durante a baixa-mar foram observados valores mais elevados de coliformes totais, com máximos acima de 2419,2 NMP.100mL⁻¹ nas estações 2B e 3B. Durante a baixa-mar os valores foram significativamente ($F(1,10) = 60,71$; $p < 0,0000$) menores com o mínimo (770,1 NMP.100mL⁻¹) observado na estação 1P (Figs. 15A e B).

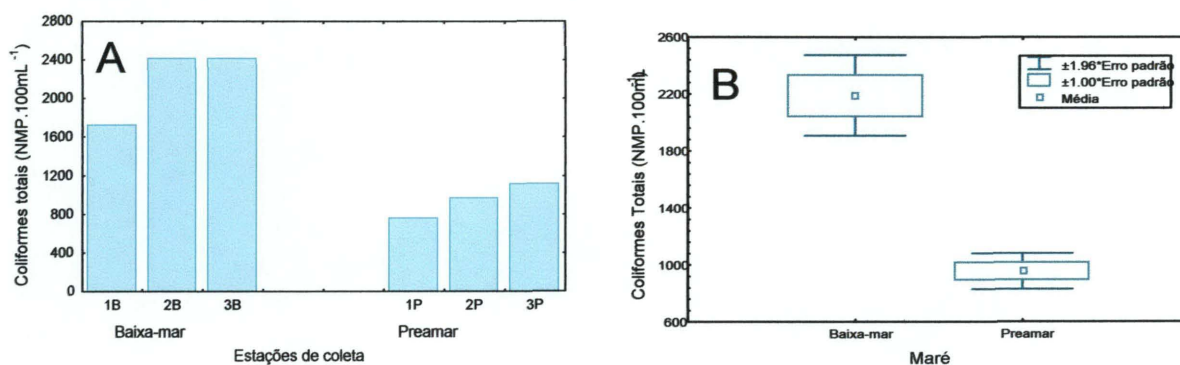


FIGURA 15: A) Valores absolutos de coliformes totais nas três estações durante o período estudado. B) Resultados da ANOVA dos dois períodos de maré.

4.2.7. *Escherichia coli*

Os menores e os maiores valores de *E. coli*, foram obtidos nas estações 1B e 2B (344,8 NMP.100mL⁻¹ e 866,4 NMP.100mL⁻¹ respectivamente) (Fig.16A). Entretanto a variação nas quantidades não foi significativamente diferente entre as marés e tampouco nas estações de coleta.

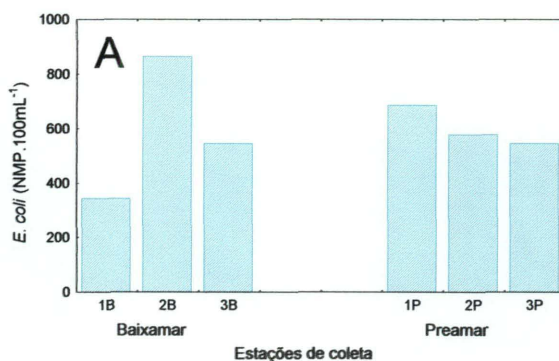
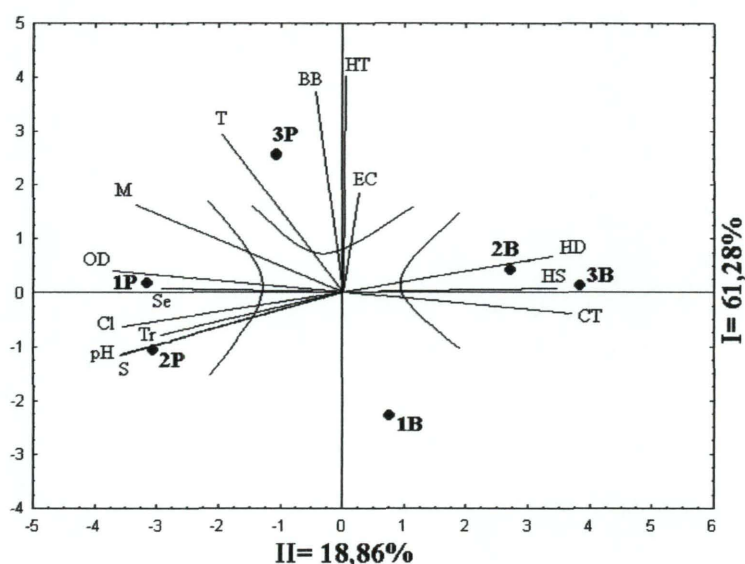


FIGURA 16. A) Valores absolutos de *E. coli* nas três estações durante o período estudado.

4.2.8. Análise dos Componentes Principais

Na figura 17 o diagrama resultante de ACP. O primeiro componente da Análise dos Componentes Principais explicou 61,28% da variabilidade e mostrou correlação positiva entre coliformes totais, bactérias heterotróficas aeróbicas cultiváveis halófilas e halófilas, e negativa de maré, oxigênio dissolvido, seston, clorofila, pH, salinidade e transparência nas estações 2B e 3B. Nas estações 1P e 2P ocorreu correlação negativa. O segundo componente explicou 18,86% da variabilidade e apresentou correlação positiva entre temperatura, bactérias heterotróficas totais, biomassa bacteriana e *E. coli* na estação 3P e negativa em relação à estação 1B.



M= maré; T= temperatura; S= salinidade; pH= potencial hidrogeniônico; OD= oxigênio dissolvido; Se= seston; Tr= transparência; Cl= clorofila; HT= bactérias heterotróficas totais; BB= biomassa bacteriana; HS= bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas; HD= bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas; CT= coliformes totais e EC= *Escherichia coli*.

FIGURA 17. Representação gráfica dos dois primeiros componentes da Análise dos Componentes Principais.

5) DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A Gamboa do Maciel está situada entre a cidade de Paranaguá e a Ilha do Mel, no setor euhalino da baía. Durante a baixa-mar suas águas drenam de montante para jusante, e as originárias da Baía de Paranaguá para a plataforma continental.. Durante a preamar, ao contrário, recebe águas que drenaram na baixa-mar, misturadas com águas da plataforma continental interna. Tais características influenciam os parâmetros físico-químicos e biológicos da região.

Rebello e Brandini (1990) observaram máximos de clorofila no setor mediano da Baía de Paranaguá. Segundo os autores esta região possui valores mais elevados de transparência que a interna da baía e valores mais elevados de matéria orgânica que o setor externo do estuário, beneficiando assim o desenvolvimento do fitoplâncton. Resultados semelhantes puderam ser observados na preamar, nas estações 1P e 2P.

Da mesma forma os valores de salinidade, pH e oxigênio dissolvido, foram mais elevados nestas estações e período de coleta, influenciados pela maré. Tais resultados coincidem com os encontrados por Joucoski (2001) e Kolm & Andretta (2003), que encontraram resultados semelhantes para a Gamboa do Perequê, que também está situada no setor euhalino da baía.

Os valores mais elevados de seston, apesar da alta transparência, indicam a presença de grandes quantidades de matéria orgânica dissolvida nas estações internas, principalmente durante a baixa-mar. É importante ressaltar ainda que as estações 2B e 3B constituíam ambientes rasos com a lâmina d'água atingindo uma profundidade de 0,90 metro e com isto a luz penetrou até o fundo, alcançando o sedimento.

A relação inversa do seston e das bactérias heterotróficas aeróbicas halófilas e halófitas e dos coliformes totais, com valores mais elevados nas estações 2B e 3B, permitem supor que estes microorganismos estejam se alimentando prioritariamente da matéria orgânica dissolvida. Além disto, várias espécies dos chamados coliformes totais podem se desenvolver normalmente na natureza. A falta de relação dos últimos com a *E. coli* reforça esta possibilidade. Kolm et al. (2002) observaram resultados semelhantes, em águas superficiais das baías de Paranaguá e Antonina.

Os altos valores de bactérias heterotróficas totais, de biomassa bacteriana e principalmente de *E. coli* observados na estação 3P (preamar) mostraram que, ao contrário dos demais grupos bacterianos que ocorreram com maiores freqüências durante a baixa-mar,

estes microorganismos podem ter sido carreados, à montante pela força da maré, de locais próximos da cidade de Paranaguá e/ou do povoado na entrada da gamboa. Além disso, a relação observada com a temperatura indica que foram influenciados pelo horário do dia. Observações feitas principalmente na Gamboa do Perequê indicam que há uma relação entre o número de *E. coli* e o horário do dia. A coleta da água durante a baixa-mar foi feita entre as 7:00 e 9:00 horas da manhã e a da preamar entre as 13:00 e as 14:30 horas. O ser humano possui hábitos prioritariamente diurnos. Neste período aumentam os dejetos nos esgotos que são lançados e acumulam-se nos cursos d'água à medida que o dia avança. Isto pode justificar o aumento destes organismos no período da tarde.

Embora não tenham sido realizadas análises com o intuito de verificar padrões de balneabilidade, os valores de *E. coli* obtidos, mostraram que, de acordo com a Resolução 274 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), a água da estação 1B seria classificada, apesar da baixa-mar, como “muito boa” para balneabilidade. Na estação 2B seria considerada insatisfatória e na 3B satisfatória. Durante a preamar as águas de todas as estações de coleta teriam sido satisfatórias.

De acordo com a Resolução nº 20, Art. 8º do CONAMA todas as águas analisadas seriam consideradas impróprias para uso de criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas cruas.

Desta forma conclui-se os parâmetros estudados não variaram significativamente entre as estações de coleta. Ao contrário, com exceção da biomassa bacteriana e da *E. coli*, todos os demais parâmetros variaram significativamente com a alternância da maré. Conclui-se ainda que as águas apresentam padrões satisfatórios de balneabilidade e insatisfatórios para cultivos de organismos a serem ingeridos crus e sem prévia depuração.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABSHER, T.M. **Populações naturais de ostras do gênero *Crassostrea* no litoral do Paraná: desenvolvimento larval, recrutamento e crescimento.** São Paulo, 1989. 143 f. Tese (Doutorado em Zoologia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- BJØRNSSEN, P. K. & KUPARINEN, A. **Determination of bacterioplankton biomass, net production and growth efficiency in the southern ocean.** In: DELILE, D. ; FIALA, M. & RAZOULS, S. Seasonal changes in bacterial and phytoplankton biomass in a subantarctic coastal area (Kerguelen Islands). *Hydrobiologia*. v. 330, p. 143-150. 1991.

BOUROCHE, J. M. & SAPORTA, G. **Análise de dados**. Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1982.

CLARK, K. R. & WARWICK, R. M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. Natural Environment Research Council, UK. 144 p. 1994.

GOCKE, K. **Untersuchungen über die heterotrophe Aktivität in der zentralen Ostsee**. Mar. Biol. 40: 87-94. 1977.

GUNKEL, W. **Bacteriologische Untersuchungen im Indischen Ozean**. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. Sonderb. II, 255-264. 1964.

KOLM, H. E. & ABSHER, T. M. **Spatial and temporal variability of saprophytic bacteria in the surface waters of Paranaguá and Antonina Bays, Paraná, Brazil**. Hydrobiologia. 308: 197-206. 1995.

KOLM, H. E. & ANDRETTA L. **Bacterioplankton in different tides of the Perequê tidal creek, Pontal do Sul, Paraná, Brazil**. Braz.J.Microbiol. 34:97-103. 2003.

KOLM, H. E. & CORRÊA, M. F. M. **Distribuição espacial e variabilidade temporal de bactérias saprófitas na praia arenosa de Pontal do Sul, Paraná**. Arq. Biol. Tecnol. 37(2): 391-402. 1994.

KOLM, H. E. & LESNAU, N. M. **Variação espacial e temporal de bactérias saprófitas na coluna d'água da Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil**. Arq. Biol. Tecnol. 40(2): 383-395. 1997.

KOLM, H. E. & SIQUEIRA, A. **Variação de bactérias em decorrência da dragagem do canal de acesso ao Porto de Paranaguá, Paraná**. In: VIII Congresso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, 1999, Peru. Resumo expandido. p. 888-890.

KOLM, H. E.; SCHOENENBERGER, M. F. B.; PIEMONT, M. R.; SOUZA, P. S. A.; SCHNELL e SCÜHL, G; MUCCIATTO, M. B. & MAZZUCO, R. **Spatial variation of bacteria in surface waters of Paranaguá and Antonina Bays, Paraná, Brazil**. Braz. Arch. Biol. Technol. 45(1): 27-34. 2002.

KOLM, H.E. & SIQUEIRA, A. **Variação bacteriana em decorrência da dragagem do canal que liga o Porto de Paranaguá aos Terminais Portuários da Ponta do Félix S.A, Antonina, Paraná**. In: VII Encontro Nacional de Microbiologia Ambiental, 2000, Recife. p. 199.

LANA, P. da C. **Relatório do Estudo Integrado da Baía de Paranaguá**. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar, 1986. 139 p. (não publicado).

LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. **Numerical Ecology**. Amsterdam-Oxford-New York: Elsevier Scientific Publ. Company, 1983.

MAAK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2ed. Rio de Janeiro. J. Olympio. Secretaria da Cultura e Esporte do Estado do Paraná. Curitiba, 1981.

MAGLIOCCA, A. **Glossário de Oceanografia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1987.

MULLER, A. C. **Organismos marinhos perfuradores de madeira do Estado do Paraná**. Curitiba, 1984. 111p. Dissertação (Mestrado em Zoologia) Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

PARSONS, T. R.; MAITA, Y. & LALLI, C. M. Direct Counting of Bacteria by Fluorescence Microscopy. In: **A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis**. Pergamon Press, 1984.

REBELLO, J. & BRANDINI, F.P. **Variação temporal de parâmetros hidrográficos e material particulado em suspensão em dois pontos fixos da Baía de Paranaguá, Paraná (junho/87 – fevereiro/88)**. Nerítica, 5:95-111. 1990.

RHEINHEIMER, G. **Microbiologia de las aguas**. Espanha (Zaragoza): Edit. Acribia S.A. 1987.

SCHOENENBERGER, M.F. **Variação espacial e temporal de bactérias em águas de superfície das baías das Laranjeiras e Guaraqueçaba, Paraná, Brasil**. Curitiba, 1998. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

STRAPASSON, F. **Variação espaço-temporal do bacterioplâncton no setor do Rio Guaraguaçu sujeito à influência de águas costeiras**. Curitiba, 2000. 38 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

STRICKLAND, J. D & PARSONS, T.R.. **A practical handbook of sea water analysis**. Bull. Fish. Res. Bd Can. 167: 1-311. 1968.

ANEXOS

Tabela II: Valores absolutos dos parâmetros estudados.

Est	Maré (m)	T (°C)	Salin. (u.p.s.)	pH	OD (%)	Tr. (m)	Seston (mg.L ⁻¹)	Cl (µg.L ⁻¹)	HT (cel.10 ³ .mL ⁻¹)	BB (µg.C.L ⁻¹)	HS (UFC.mL ⁻¹)	HD (UFC.ml ⁻¹)	CT (NMP.100mL ⁻¹)	EC (NMP.100mL ⁻¹)
1B	0,20	20,0	25	7,98	5,48	1,60	45,77	6,38	44,30	547,1	1430	263	1732,9	344,8
1B	0,21	24,5	24	7,94	5,03	1,60	47,78	6,05	136,47	1914,1	3220	375	1732,9	344,8
2B	0,22	25,0	20	7,50	5,15	0,90	44,91	4,84	102,33	1815,1	2503	681	2419,2	866,4
2B	0,22	25,0	19	7,48	5,18	0,90	42,37	4,84	98,26	1296,1	1710	660	2419,2	866,4
3B	0,34	24,5	18	7,41	5,21	0,90	43,88	4,68	27,15	634,1	2783	905	2419,2	547,5
3B	0,37	25,0	18	7,39	5,21	0,90	40,39	5,10	158,43	2815,1	5087	1475	2419,2	547,5
1P	1,46	27,0	31	8,42	4,75	4,22	53,07	7,16	100,44	1683,1	717	220	770,1	686,7
1P	1,45	27,0	31	8,42	4,75	4,22	54,24	6,18	112,98	1877,1	467	70	770,1	686,7
2P	1,44	26,5	30	8,35	4,70	2,38	55,97	6,47	76,50	1111,1	870	178	980,4	579,4
2P	1,44	27,0	29	8,36	4,73	2,38	65,25	6,83	85,52	1206,1	670	211	980,4	579,4
3P	1,39	26,0	23	7,83	4,89	1,15	48,45	5,95	129,18	2317,1	1183	349	1119,9	547,5
3P	1,36	25,5	23	7,85	4,89	1,15	46,73	6,60	135,32	2350,1	2470	370	1119,9	547,5

Est = estação; T = temperatura; Salin. = salinidade; OD = oxigênio dissolvido; Tr. = transparência; Cl = clorofila; HT = bactérias heterotróficas totais; BB = biomassa bacteriana; HS = bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas; HD = bactérias heterotróficas cultiváveis halófilas; CT = coliformes totais; EC = *Escherichia coli*.