

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

VANESSA DE ANDRADE FERNANDES

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO BACTÉRIOBENTOS EM  
SEDIMENTOS SUPERFICIAIS ARENOSOS NA GAMBOA DO OLHO D'ÁGUA,  
PARANÁ - BRASIL**



PONTAL DO PARANÁ  
2009

M 2009 - 03

VANESSA DE ANDRADE FERNANDES

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO BACTÉRIOBENTOS EM SEDIMENTOS  
SUPERFICIAIS ARENOSOS NA GAMBOA DO OLHO D'ÁGUA, PARANÁ -  
BRASIL**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia - Habilitação em Gestão Costeira. Centro de Estudos do Mar. Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Hedda E. Kolm.

PONTAL DO PARANÁ

2009

m  
589.95  
F 345.447  
2009  
ex-01

## TERMO DE APROVAÇÃO

**Vanessa de Andrade Fernandes**

“DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO BACTÉRIOBENTOS EM  
SEDIMENTOS SUPERFICIAIS ARENOSOS NA GAMBOA DO OLHO  
D'ÁGUA, PARANÁ-BRASIL”

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de  
Bacharel em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela  
Comissão formada pelos professores:

Prof. Dr. Rodolfo Luís Petersen-CEM/UFPR

Prof. Dr. Alexandre Sachida Garcia-CEM/UFPR

Prof.ª Dr.ª Hedda Elisabeth Kolm-CEM/UFPR

Presidente

Pontal do Paraná, 08 de dezembro de 2009

Dedico à minha família, principalmente aos meus pais, *José Rubens Fernandes e Célia Mara Buchmann de Andrade*, pela educação e valores transmitidos e por todas as oportunidades confiadas a mim. Aos meus avós paternos, *Rubens Fernandes Maciel e Leni Pereira*, e maternos, *José Matheus de Andrade Filho, e Ozilia Buchmann de Andrade*, pelo incentivo e apoio, e a *Andre B. Licio*, pela convivência e compreensão. Amo muito vocês! Muito obrigada por todos esses anos de amor, carinho e dedicação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo fôlego de vida, pelas oportunidades, e pelas pessoas encontradas na caminhada.

Agradeço a meus pais, José Rubens Fernandes e Célia Mara Buchmann de Andrade, e minha irmã, Danielle de A. Fernandes, pelo amor, carinho, incondicional incentivo e apoio, pelo ambiente familiar e porto seguro ofertados, por quem sou, e, pela dignidade e responsabilidade transmitidas. Sou grata a toda a minha família, especialmente aos avós queridos: Vô Rubens e Vó Leni, e, Vô Juca e Vó Ozilia.

Agradeço ao meu namorado, Andre Batista Licio, pelo amor, força, companheirismo e apoio. Agradeço pela preciosa e incansável ajuda durante as coletas e durante as análises no laboratório. Obrigada por escutar os meus desabafos e pela compreensão. Amo muito você!

À professora Dr<sup>a</sup>. Hedda E. Kolm, pelo grande coração, pela amizade, pela confiança, pela orientação, pelos conhecimentos transmitidos sempre de forma incondicional e pela participação na minha formação acadêmica e pessoal. Obrigada por tudo!

A todos os professores do Centro de Estudos do Mar (CEM), que de forma direta ou indireta estavam sempre presentes e contribuíram para minha formação acadêmica. Em especial ao professor Maurício Camargo, pela pessoa que é, pela amizade, pela oportunidade de estágio, pelos quatro anos de laboratório, pela confiança depositada, pelas oportunidades acadêmicas, enfim, por tudo! Obrigada! Agradeço também a amizade dos colegas do LAMEC.

Ao professor Marcelo Dourado, pelos dados da estação meteorológica do Laboratório de Física Marinha.

Aos meus amigos, a todos que se disponibilizaram e ajudaram durante as coletas e análises laboratoriais: Flávio M., Pâmella C., Marama, Jair, Tinho e Rafaela Zen, e aos funcionários: Izis, Cleiton, Josias, João, Raul. Agradeço de maneira geral a todos os alunos da turma de 2005, companheiros de classe e colegas de trabalho, e, a todos os funcionários do CEM, muito obrigada!

## RESUMO

Diversos fatores, como a temperatura, salinidade, disponibilidade de matéria orgânica, condições hidrodinâmicas (correntes), natureza das partículas (tamanho do grão), e a presença da microbiota competitiva condicionam a presença de bactérias no sedimento. Entretanto, geralmente a quantidade de bactérias heterotróficas nas camadas superficiais do sedimento é maior do que na coluna d'água, devido à grande quantidade de matéria orgânica ali depositada, e ao maior número de partículas favorecendo sua fixação. A fim de fornecer informações básicas e levantar questões para futuros estudos e monitoramento dos ambientes de praias arenosas, este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição espaço-temporal de bactérias heterotróficas, biomassa bacteriana, coliformes totais e *Escherichia coli*, em sedimentos superficiais arenosos na desembocadura da Gamboa do Olho d'Água, em Pontal do Paraná. Para isso, foram avaliados, a temperatura, umidade, granulometria, teor de carbonato e matéria orgânica dos sedimentos, salinidade e pH da água intersticial, precipitação e radiação solar. Os resultados foram avaliados através da Análise de Variância (ANOVA). Para identificar as principais fontes de variabilidade nas comunidades bacterianas foi realizada uma Análise dos Componentes Principais. Os resultados mostraram que a maior densidade de bactérias heterotróficas e de sua biomassa ocorreu em janeiro, coincidindo com o maior número de turistas na região e maiores níveis de radiação solar. As concentrações de coliformes totais e *E. coli* tiveram picos em novembro e janeiro no transecto B (próximo à gamboa). Esse período também foi o de menores níveis de pluviosidade. Os resultados indicaram a importância dos parâmetros sedimentológicos na quantificação de bactérias e conseqüentemente, no estabelecimento de índices de referência de microrganismos indicadores de contaminação orgânica por esgotos em praias arenosas, visto que estas podem servir como um reservatório de bactérias indicadoras de poluição fecal (*Escherichia coli*) no período de maior demanda turística. Portanto, torna-se necessária a implementação de programas de monitoramento não apenas da água (balneabilidade), mas de sedimentos, para garantir que a população não esteja sujeita a algum tipo de contaminação bacteriana enquanto utiliza a praia.

Palavras-chave: Bactérias heterotróficas totais, coliformes totais, *Escherichia coli*.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – A - Litoral do Paraná com destaque para o local de coleta; B - Balneários de Ipanema e Olho d'Água com localização da área de estudo; e, C - Área de estudo com as estações de coleta. ....	23
<b>Figura 2</b> - Temperatura do sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado. ....	29
<b>Figura 3</b> – Análise de variância da temperatura em °C do sedimento superficial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos. ....	30
<b>Figura 4</b> - Salinidade da água intersticial por ponto de coleta ao longo do período estudado. ....	31
<b>Figura 5</b> - Análise de variância da salinidade da água intersticial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos. ....	32
<b>Figura 6</b> - Valor de pH por ponto de coleta ao longo do período estudado. ....	33
<b>Figura 7</b> - Análise de variância do pH da água intersticial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos. ....	34
<b>Figura 8</b> - Teor de matéria orgânica no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado. ....	35
<b>Figura 9</b> - Teor de CaCO <sub>3</sub> no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado. ....	36
<b>Figura 10</b> - Teor de umidade do sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado. ....	37
<b>Figura 11</b> - Teor de areia no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado. ....	38
<b>Figura 12</b> - Teor de silte no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado. ....	39
<b>Figura 13</b> - Pluviosidade das 72 horas anteriores às coletas em milímetros ao longo do período estudado. ....	40
<b>Figura 14</b> - Pluviosidade das 24 horas anteriores ao horário das coletas ao longo do período estudado. ....	40

<b>Figura 15</b> - Radiação solar por ponto no horário das coletas. ....	41
<b>Figura 16</b> - Bactérias heterotróficas totais no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado. ....	42
<b>Figura 17</b> - Análise de variância da densidade de bactérias heterotróficas totais x 10 <sup>3</sup> em cell/g sed seco do sedimento superficial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos. ....	43
<b>Figura 18</b> - Biomassa bacteriana no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado. ....	44
<b>Figura 19</b> - Análise de variância da biomassa bacteriana em µgC/g sed seco do sedimento superficial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos. ....	45
<b>Figura 20</b> - Coliformes totais no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado. ....	46
<b>Figura 21</b> - Análise de variância do número de coliformes totais em NMP/g sed seco do sedimento superficial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos. ....	47
<b>Figura 22</b> - <i>Escherichia coli</i> no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado. ....	48
<b>Figura 23</b> - Análise de variância da abundância de <i>E. coli</i> em NMP/g sed seco do sedimento superficial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos. ....	49
<b>Figura 24</b> - Representação gráfica da Análise dos Componentes Principais. ....	50

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Parâmetros físico-químicos obtidos em cada ponto amostral em novembro. Temperatura do sedimento (Temp), salinidade e potencial hidrogeniônico (pH). .....61
- Tabela 2** - Parâmetros físico-químicos obtidos em cada ponto amostral em dezembro. Temperatura do sedimento (Temp), salinidade e potencial hidrogeniônico (pH). .....61
- Tabela 3** - Parâmetros físico-químicos obtidos em cada ponto amostral em janeiro. Temperatura do sedimento (Temp), salinidade e potencial hidrogeniônico (pH). .....62
- Tabela 4** - Parâmetros físico-químicos obtidos em cada ponto amostral em fevereiro. Temperatura do sedimento (Temp), salinidade e potencial hidrogeniônico (pH). .....62
- Tabela 5** - Parâmetros físico-químicos obtidos em cada ponto amostral em março. Temperatura do sedimento (Temp), salinidade e potencial hidrogeniônico (pH). .....63
- Tabela 6** - Parâmetros físico-químicos obtidos em cada ponto amostral ao longo dos meses amostrados. Porcentagem de: umidade, matéria orgânica (M.O.), carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), areia e silte. ....64
- Tabela 7** - Parâmetros biológicos obtidos em cada ponto amostral em novembro. Bactérias heterotróficas totais  $\times 10^3$  em cell/g sed seco (BH), biomassa bacteriana em  $\mu\text{g C/g sed seco}$  (BB), coliformes totais em NMP/g sed seco (CT) e *Escherichia coli* em NMP/g sed seco (EC). .....65
- Tabela 8** - Parâmetros biológicos obtidos em cada ponto amostral em dezembro. Bactérias heterotróficas totais  $\times 10^3$  em cell/g sed seco (BH), biomassa bacteriana em  $\mu\text{g C/g sed seco}$  (BB), coliformes totais em NMP/g sed seco (CT) e *Escherichia coli* em NMP/g sed seco (EC). .....65
- Tabela 9** - Parâmetros biológicos obtidos em cada ponto amostral em janeiro. Bactérias heterotróficas totais  $\times 10^3$  em cell/g sed seco (BH), biomassa bacteriana em  $\mu\text{g C/g sed seco}$  (BB), coliformes totais em NMP/g sed seco (CT) e *Escherichia coli* em NMP/g sed seco (EC). .....66
- Tabela 10** - Parâmetros biológicos obtidos em cada ponto amostral em fevereiro. Bactérias heterotróficas totais  $\times 10^3$  em cell/g sed seco (BH), biomassa bacteriana

em $\mu\text{g C/g}$ sed seco (BB), coliformes totais em NMP/g sed seco (CT) e <i>Escherichia coli</i> em NMP/g sed seco (EC).	66
<b>Tabela 11</b> - Parâmetros biológicos obtidos em cada ponto amostral em março. Bactérias heterotróficas totais $\times 10^3$ em cell/g sed seco (BH), biomassa bacteriana em $\mu\text{g C/g}$ sed seco (BB), coliformes totais em NMP/g sed seco (CT) e <i>Escherichia coli</i> em NMP/g sed seco (EC).	67
<b>Tabela 12</b> - Parâmetros meteorológicos obtidos por ponto amostral em novembro. Pluviosidade (em mm) das 24 horas anteriores à coleta (Pluv.24h), pluviosidade (em mm) das 72 horas anteriores à coleta (Pluv. 72h) e radiação solar (em $\text{W/m}^2$ ) durante o horário da coleta (Rad.).	67
<b>Tabela 13</b> - Parâmetros meteorológicos obtidos por ponto amostral em dezembro. Pluviosidade (em mm) das 24 horas anteriores à coleta (Pluv.24h), pluviosidade (em mm) das 72 horas anteriores à coleta (Pluv. 72h) e radiação solar (em $\text{W/m}^2$ ) durante o horário da coleta (Rad.).	68
<b>Tabela 14</b> - Parâmetros meteorológicos obtidos por ponto amostral em janeiro. Pluviosidade (em mm) das 24 horas anteriores à coleta (Pluv.24h), pluviosidade (em mm) das 72 horas anteriores à coleta (Pluv. 72h) e radiação solar (em $\text{W/m}^2$ ) durante o horário da coleta (Rad.).	68
<b>Tabela 15</b> - Parâmetros meteorológicos obtidos por ponto amostral em fevereiro. Pluviosidade (em mm) das 24 horas anteriores à coleta (Pluv.24h), pluviosidade (em mm) das 72 horas anteriores à coleta (Pluv. 72h) e radiação solar (em $\text{W/m}^2$ ) durante o horário da coleta (Rad.).	69
<b>Tabela 16</b> - Parâmetros meteorológicos obtidos por ponto amostral em março. Pluviosidade (em mm) das 24 horas anteriores à coleta (Pluv.24h), pluviosidade (em mm) das 72 horas anteriores à coleta (Pluv. 72h) e radiação solar (em $\text{W/m}^2$ ) durante o horário da coleta (Rad.).	69
<b>Tabela 17</b> - Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a temperatura pelos meses estudados.	70
<b>Tabela 18</b> - Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a salinidade pelos meses estudados.	70

Tabela 19 - Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a salinidade pelas estações de coleta. ....	70
Tabela 20 - Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando o pH pelas estações de coleta. ....	70
Tabela 21 - Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de bactérias heterotróficas totais pelos meses estudados. ....	70
Tabela 22 - Teste "post hoc" Tukey HSD analisando a densidade de bactérias heterotróficas totais pelas estações de coleta. ....	70
Tabela 23 - Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de bactérias heterotróficas totais pelos transectos. ....	71
Tabela 24 - Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de biomassa bacteriana pelas estações de coleta. ....	71
Tabela 25 - Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de biomassa bacteriana totais pelos transectos. ....	71
Tabela 26 - Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de coliformes totais pelas estações de coleta. ....	71
Tabela 27 - Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de coliformes totais pelos transectos. ....	71
Tabela 28 - Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de <i>Escherichia coli</i> pelas estações de coleta. ....	71
Tabela 29- Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de <i>Escherichia coli</i> pelos transectos. ....	72

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVOS .....	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
4. ÁREA DE ESTUDO .....	20
5. MATERIAIS E MÉTODOS .....	23
5.1 DELINEAMENTO AMOSTRAL.....	23
5.2 ANÁLISES DE LABORATÓRIO .....	23
5.2.1 Parâmetros físico-químicos .....	23
5.2.2 Parâmetros meteorológicos .....	24
5.2.3 Parâmetros microbiológicos .....	25
5.3 Tratamento dos dados .....	26
6. RESULTADOS .....	27
6.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS .....	27
6.1.1 Temperatura do sedimento superficial .....	27
6.1.2 Salinidade .....	29
6.1.3 Potencial hidrogeniônico .....	31
6.1.4 Matéria orgânica do sedimento superficial.....	33
6.1.5 Carbonato de cálcio (CaCO <sub>3</sub> ) do sedimento superficial .....	34
6.1.6 Umidade do sedimento superficial .....	35
6.1.7 Areia do sedimento superficial .....	36
6.1.8 Silte do sedimento superficial .....	37
6.2 PARÂMETROS METEOROLÓGICOS .....	38
6.2.1 Precipitação .....	38
6.2.2 Radiação solar .....	40
6.3 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS .....	40
6.3.1 Bactérias heterotróficas totais .....	40
6.3.2 Biomassa bacteriana .....	42
6.3.3 Coliformes totais .....	44
6.3.4 <i>Escherichia coli</i> .....	46
6.4 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) .....	48
7. DISCUSSÃO.....	50
8. CONCLUSÃO .....	54

9. REFERÊNCIAS .....	54
ANEXOS .....	60

## 1. INTRODUÇÃO

Bactérias são microrganismos unicelulares, procarióticos, que se diferem evolutivamente das Archaea e pertencem ao Domínio Bactéria (WOESE *et al.*, 1990). Constituem a maior parte da matéria viva da biosfera (SCHLEGEL, 1993), e por possuírem grande variabilidade metabólica e genética, são encontradas em todos os ambientes que contenham água, sozinhas, ou associadas a outros organismos (MANFIO, 2003). Variam nas formas e tamanhos, de acordo com a espécie e a disponibilidade de alimento. Suas formas mais comuns são as esféricas (cocos), cilíndricas (bacilos), vírgula (vibriões) e espirais (espirilos).

No ambiente podem ser encontradas como células isoladas ou agrupadas em pares, tétrades, cadeias, grumos e outras inúmeras formas de agrupamentos, como massas embutidas no interior de uma cápsula ou fazendo parte de grandes colônias, porém, não apresentam nenhuma forma de divisão de trabalho ou diferenciação celular (PELCZAR *et al.*, 1997). No ambiente marinho, podem ser encontradas na coluna d'água (livres ou aderidas a partículas), no sedimento, e em tecidos vivos e mortos de vegetais e animais (RHEINHEIMER, 1987).

As bactérias são o principal contribuinte nos processos biogeoquímicos marinhos e estuarinos (COWAN *et al.*, 1996). Isso se deve à sua capacidade de degradação e reciclagem de elementos essenciais como o carbono, nitrogênio e fósforo (ALONGI, 1994), e por servirem como fonte de alimento para várias cadeias alimentares (AZAM *et al.*, 1983).

Grupos de bactérias fotoheterotróficas possuem a capacidade de competir pelos nutrientes inorgânicos com o fitoplâncton, mesmo em condições inóspitas (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2002). Para compreender os papéis exercidos pelas bactérias heterotróficas no ambiente marinho, são necessárias avaliações de parâmetros como abundância e biomassa bacteriana (ŠESTANOVIĆ *et al.*, 2005).

Entretanto, elas possuem significativa importância nas regiões costeiras já que há uma constante entrada de materiais orgânicos e nutrientes vindos do continente. Além disto, há nestas regiões influência antrópica evidente. Esses fatores externos atuam de forma direta ou indireta na qualidade e quantidade de bactérias (KOLM; ANDRETTA, 2003).

Em sua maioria, as bactérias localizadas nas regiões costeiras são halófilas,

ou seja, adaptadas a ambientes com altas concentrações de cloreto de sódio. Algumas podem ser halotolerantes, que suportam salinidades intermediárias, mas crescem com mais facilidade na água doce, e ainda halófilas, carregadas até o ambiente costeiro principalmente através dos rios, e que sobrevivem por tempo limitado no mar (COSTAGLIOLA, 2004).

Geralmente, há uma maior quantidade de bactérias heterotróficas nas camadas superficiais do sedimento do que na coluna d'água, devido à grande quantidade de matéria orgânica ali depositada, e ao maior número de partículas favorecendo a fixação (CRAPEZ, 2002). Diversos fatores, como a temperatura, salinidade, disponibilidade de matéria orgânica, condições hidrodinâmicas (correntes), natureza das partículas (tamanho do grão) (CRAPEZ, 2002), e a presença da microbiota competitiva (RUSS; YANKO, 1981) condicionam a presença de bactérias no sedimento.

Além disto, os solos e os sedimentos são o principal palco das atividades bacterianas por serem o local onde se deposita a matéria orgânica resultante da morte e excreção de organismos. Em seqüência, a decomposição e a reconstituição desta matéria por outros microrganismos ou seus subprodutos (gases) levam ao reabastecimento e reciclagem da biosfera (ALONGI, 1994). Assim, a manutenção das atividades bacterianas nos sedimentos está ligada diretamente na conservação dos ecossistemas costeiros. Weise & Rheinheimer (1978) já descreviam que a compreensão dos mecanismos controladores da abundância e biomassa bacteriana bêntica é complexa, pois nesse habitat, grande parte dos microrganismos está aderida aos grãos de sedimento, devido a um processo mecânico de adsorção. Várias espécies possuem estruturas chamadas fímbrias e filamentos mucosos que auxiliam na adesão dos mesmos ao substrato. Devido a essa complexidade, são escassos os estudos desses microrganismos em sedimentos nas praias brasileiras.

Vários estudos têm constatado que sedimentos da região entre-marés servem como um importante reservatório para as bactérias do grupo coliformes (OBIRI-DANSO; JONES, 2000; BEVERSDORF *et al.*, 2006) e para outros microrganismos patogênicos. Em vista disso, os sedimentos costeiros podem representar uma fonte ambiental de bactérias indicadoras de poluição fecal para a coluna d'água (WHITMAN; NEVERS, 2003).

Foram feitos alguns estudos bacteriológicos de sedimento no Complexo Estuarino de Paranaguá, destacando-se os publicados por Kolm & Côrrea (1994),

em que foi analisado o número de bactérias saprófitas (cultiváveis) no sedimento de um perfil vertical à linha da maré em uma praia arenosa do Balneário de Pontal do Sul. Foi constatado que o maior número de saprófitas ocorreu na região da última preamar. Segundo Kolm *et al.* (1997), num estudo de bactérias saprófitas em sedimentos das baías de Paranaguá e Antonina, e sua inter-relação com dados abióticos, houve correlação significativa entre as bactérias e o tamanho dos grãos de sedimento, o que levou os autores a crer que o fator limitante nesta região não seja apenas o tamanho dos grãos, mas também a energia do meio ambiente e o acúmulo diferenciado de matéria orgânica.

Andraus (2006) realizou um estudo levantando aspectos microbiológicos da qualidade sanitária em areias das praias de Matinhos, Caiobá e Guaratuba-PR. Nesse estudo foram comparadas areias do supra-litoral com areias da região entre-marés a fim de correlacionar parâmetros ambientais com a densidade de coliformes totais, *E. coli* e Enterococos. Foram realizadas doze coletas mensais, levando-se em conta os seguintes parâmetros físico-químicos: pH,  $Al^{+3}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^{+2}$ ,  $Na^{+1}$ , P, teor de carbono orgânico e granulometria. Não houve correlação significativa dos mesmos com a abundância bacteriana em nenhuma das coletas.

Num estudo efetuado na Baía de Guaratuba (PR), Santos *et al.* (2008) observaram que o número de todos os grupos de bactérias (heterotróficas totais, coliformes totais e *E. coli*) estudadas no sedimento da região entre-marés reduziu acentuadamente no ambiente arenoso quando comparado ao sedimento argiloso. Exceção foi verificada em duas estações de sedimento arenoso, localizadas junto ao centro da cidade de Guaratuba, em que foram registrados valores mais elevados de bactérias heterotróficas totais, coliformes totais e de *E. coli* que nos demais sedimentos arenosos da entrada da baía. Ainda confirmaram observações feitas por Kolm *et al.* (1997) de que o número de bactérias no sedimento não depende apenas da granulometria, como também da quantidade de matéria orgânica disponível.

Miquelante (2007), num estudo feito na região entre-marés da Ilha do Mel, concluiu que nesta região as densidades bacterianas nas camadas superficiais dos sedimentos variaram sazonalmente. Enquanto, no período estudado, bactérias heterotróficas totais e sua biomassa apresentaram suas maiores concentrações no verão, os coliformes totais e *E. coli* apresentaram as maiores abundâncias no inverno.

Siqueira (2006) estudou parâmetros físico-químicos e microbiológicos em

águas superficiais de três estações ao longo da Gamboa do Olho d'Água (região do presente estudo) e concluiu, baseada em informações de Bricker *et al.* (2003), que durante o verão do período estudado, este curso d'água apresentou características de eutrofização. Além disto, Miquelante (2005) efetuou um estudo microbiológico em águas superficiais de três estações (estação 1 - na desembocadura da gamboa, estação 2 - na água marinha a 100 m ao sul e estação 3 - a 200 m ao norte da desembocadura) e encontrou valores significativamente mais elevados de coliformes termotolerantes na primeira estação.

Estas informações mostram que é de extrema importância abordar a ocorrência de microrganismos nas areias de praia, por serem áreas freqüentadas por banhistas e pescadores, entre outros, e pelo fato de poderem alcançar altos níveis de poluição e conseqüente proliferação de microrganismos patogênicos que são fatores de risco para a saúde pública. Pouca atenção tem sido dada na avaliação de possíveis relações existentes entre as características sedimentológicas e a abundância de bactérias nesses sedimentos ao longo da costa paranaense.

Além disso, a Gamboa do Olho d'Água corta o balneário de Ipanema, maior povoado do município de Pontal do Paraná e o mais freqüentado por veranistas, recebendo inúmeros esgotos domésticos ao longo de seu percurso. As influências antrópicas têm se intensificando a cada ano e, em função disso, torna-se cada vez mais urgente a obtenção de dados microbiológicos de abundância de bactérias indicadoras de poluição orgânica por esgotos e do número e biomassa de bactérias heterotróficas totais, para que possam ser utilizadas, ao longo do tempo, como estudo prévio no gerenciamento da região em questão.

## 2. OBJETIVOS

A presente pesquisa teve como objetivos:

- a) Avaliar a distribuição espaço-temporal de bactérias heterotróficas, biomassa bacteriana, coliformes totais e *Escherichia coli*, em sedimentos superficiais arenosos na desembocadura da Gamboa do Olho d'Água, em Pontal do Paraná.
- b) Correlacionar os resultados obtidos com os fatores físico-químicos (granulometria, carbonato de cálcio, matéria orgânica, teor de umidade, temperatura,

salinidade, pH,) e fatores meteorológicos (precipitação e radiação solar), de cada local amostrado.

c) Diagnosticar possíveis fatores de contaminação e suas implicações para o gerenciamento das áreas costeiras, proporcionando uma possível estimativa de índices de referência de microrganismos indicadores de poluição fecal em sedimentos superficiais arenosos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A distribuição espaço-temporal de microrganismos bênticos em fundos não consolidados está relacionada com variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente, sendo que as bactérias podem ser condicionadas por fatores como: temperatura, salinidade, matéria orgânica disponível, condições hidrodinâmicas (correntes), natureza e tamanho das partículas. O tamanho dos grãos possui, devido ao teor de água e à superfície disponíveis, correlação negativa com o número de bactérias (CRAPEZ, 2002).

As bactérias estão presentes no sedimento em valores elevados ( $10^{10}$  células/g). Sua biomassa é maior do que a de outros microrganismos bênticos devido à sua estrutura organizada em biofilmes (CRAPEZ *et al.*, 2008). Esses biofilmes são formados por uma matriz extracelular de polissacarídeos, que origina complexas associações com outros organismos, criando micro-habitats de elevados parâmetros químicos e biológicos, e, possibilitando assim a utilização eficiente do substrato e da energia (MEYER-REIL, 1994).

Em vários estudos, a abundância bacteriana em sedimentos superficiais tem sido correlacionada com a área de superfície do grão (YAMAMOTO; LOPEZ, 1985), mas esta relação não se deve apenas à limitação de espaço, já que as bactérias preenchem apenas 0,05-5% da área de superfície disponível (DEFLAUN; MAYER, 1983). As outras razões resultam de uma maior retenção ao substrato, proteção e acumulação diferenciada de matéria orgânica.

Entretanto, alguns trabalhos tratam da relação da abundância bacteriana com a radiação solar. O sol emite um amplo espectro de radiação eletromagnética, e a maior parte dela é nociva aos seres vivos porque pode causar alterações

deletérias no material genético das células, o DNA (BAIRD, 2002). Esta propriedade confere à radiação solar a capacidade de matar microorganismos presentes na superfície da areia da praia. Grande parte da radiação nociva é absorvida pelas camadas superiores da atmosfera, principalmente pela camada de ozônio. Entretanto, uma parte atinge a superfície terrestre (BOUKAI, 2005).

Segundo TORTORA<sup>1</sup> *et al.*, (2002) *apud* ANDRAUS, (2006), o tempo de sobrevivência das bactérias no solo é menor na sua superfície, provavelmente, devido à dessecação, à temperatura alta e à incidência da radiação ultravioleta (UV). Segundo o autor, essa radiação danifica o DNA das células expostas, produzindo ligações entre as timinas adjacentes nas cadeias de DNA, inibindo a replicação correta do mesmo, durante a reprodução celular.

Além disto, a exposição a microrganismos patogênicos nas praias tem sido amplamente descrita em literaturas (WHO, 1997). Contudo, não é fácil detectar patogênicos, pois possuem alta exigência nutricional e sua susceptibilidade ao estresse ambiental dificulta seu isolamento, além de que os métodos para sua identificação são difíceis de padronizar (ANDRAUS, 2006). Por isto, índices de organismos fecais e microrganismos não patogênicos são utilizados para indicar o grau de contaminação fecal, pois geralmente estão presentes em maior número que os microrganismos patogênicos e são fáceis de isolar e identificar (ANDRAUS, 2006).

Ainda, é importante observar que os microrganismos representam um componente significativo da areia de praia. Dessa forma, tem sido manifestada a preocupação pela possibilidade desta areia poder atuar como reservatório de vetores de infecções (NESTOR<sup>2</sup> *et al.*, 1984; CODINACHS<sup>3</sup> *et al.*, 1988; MENDES<sup>4</sup> *et al.*, 1997, *apud* WHO, 2003). Espécies de bactérias típicas de esgoto sanitário e que podem causar doenças têm sido isoladas de areia destes ambientes (WHO, 2003). Foi registrada uma maior concentração de bactérias e maior período de

---

<sup>1</sup> TORTORA, G. I.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 1465p.

<sup>2</sup> NESTOR, I.; COSTIN-LAZAR, L.; SOVREA, D.; IONESCU, N. Detection of enteroviruses in sea water and beach sand. *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene Abteilung* 1984. 1, 78(5-6): 527-534.

<sup>3</sup> CODINACHS, M. R.; ISERN VINS, A. M.; FERRER ESCOBAR, M.D.; FERNANDEZ PEREZ, F. Microbiological contamination of the sand from the Barcelona city beaches. *Revista de Sanidad e Higiene Publica*, 1988. 62(5-8): 1537-1544.

<sup>4</sup> MENDES, B.; URBANO, P.; ALVES, C.; LAPA, N.; NORAIS, J.; NASCIMENTO, J.; OLIVEIRA, J. F. S. Sanitary quality of sands from beaches of Azores islands. *Water Science and Technology*, 1997. 35(11-12): 147-150.

sobrevivência das mesmas em praias próximas a descarga de esgoto sanitário (BORREGO<sup>1</sup> *et al.*, 1991 *apud* WHO, 2003).

Comumente são utilizadas bactérias do grupo dos coliformes da família *Enterobacteriaceae* como indicadoras de qualidade sanitária em ambientes naturais. Os coliformes totais são encontrados naturalmente em ambientes enriquecidos com matéria orgânica (NEILL, 2004). Os coliformes termotolerantes distinguem-se dos totais por resistirem às elevadas temperaturas intestinais (GRIFFIN *et al.*, 2001), sendo que a *Escherichia coli* habita a flora intestinal normal de aves e mamíferos. Apesar de ocorrer normalmente nos intestinos de animais homeotérmicos, a *E. coli* pode ser oportunista, alojando-se em outros tecidos e causando bacteremias, meningites e infecções, principalmente das vias urinárias, sépticas, pulmonares, de pele e de ferimentos (PELCZAR, 1981).

Alguns estudos têm sido efetuados utilizando indicadores bacterianos de poluição fecal em sedimentos a nível mundial, e geralmente as concentrações são mais elevadas do que na coluna d'água (MARTINEZ-MANZANARES *et al.*, 1992; CRABILL *et al.*, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 2007). Segundo Lee *et al.* (2006), níveis de *E. coli* também persistem mais tempo no sedimento do que na coluna d'água.

A Organização Mundial de Saúde concluiu que “não há evidências suficientes que justifiquem o estabelecimento de indicadores e limites para microrganismos patogênicos em areia de praia” (WHO, 2003). Por outro lado, a Associação Bandeira Azul da Europa (ABAE, 2002), após intenso trabalho de pesquisa, estabeleceu limites para indicadores sanitários, como coliformes totais, *E. coli*, Enterococos intestinais, fungos, dermatófitos e leveduras. Para os indicadores bacteriológicos, utilizaram-se os mesmos limites aceitos para balneabilidade de água de praia, adaptados para areia.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, em função da grande incerteza científica internacional, decidiu não estabelecer padrões sanitários para areia de praia, mas apenas recomendar aos órgãos ambientais, através da Resolução 274/2000, a avaliação das condições parasitológicas e microbiológicas para futuras padronizações.

Observa-se, dessa forma, o grau de dificuldades quando se trata de

---

<sup>1</sup> BORREGO, J. J.; Romero, P.; Marino, F. Epidemiological study on bathers from selected beaches in Malaga. Athens, United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, MAP Technical Reports Series 1991. n. 53 p. 1-27.

estabelecimento de parâmetros que envolvem saúde pública, e que sejam de consenso entre os pesquisadores no assunto.

Dentre os trabalhos consultados, vários apresentaram resultados de análises de amostras de areia, registrando a ocorrência de microrganismos patogênicos, porém poucos foram os que efetivamente apresentaram propostas de indicadores sanitários e seus respectivos limites. Um estudo de qualidade sanitária de areia de praias em Portugal foi realizado no período de 1994/1995 no arquipélago dos Açores (MENDES *et al.*, 1997), com o objetivo principal de verificar a aplicabilidade dos padrões de qualidade microbiológica proposto pelo autor. Foi proposto um valor máximo de coliformes totais de 10.000 NMP/g de sedimento.

Em 2002, a Associação Bandeira Azul da Europa (ABAE, 2002) promoveu a realização do projeto "Qualidade Microbiológica de Areias de Praias Litorais", orientado para o desenvolvimento de critérios científicos de caracterização da qualidade das areias das praias de Portugal, procurando-se testar indicadores e métodos de aferição da qualidade das areias. Os valores para os indicadores bacteriológicos, propostos como limites máximos admissíveis e limites máximos recomendados para areia (ABAE, 2002), foram baseados nos valores limites aceitos para a classificação de balneabilidade da água de praia. Para coliformes totais foi recomendado um valor máximo admissível de 100 NMP/g de sedimento e para *E. coli* 20 NMP/g de sedimento.

#### 4. ÁREA DE ESTUDO

O Paraná possui um litoral pouco extenso (cerca de 105 Km) se comparado com os outros estados do Brasil (Fig. 1A). É delimitado pela Ilha do Superagüí - Vila do Ararapira - (25° 12' 44" S - 48° 01' 15" W) ao norte, e pela foz do Rio Saí-Guaçú (25° 58' 38" S - 48° 35' 26" W) ao sul. A Serra do Mar, interiorizada no Paraná, se estende do Espírito Santo até o Cabo de Santa Marta (SC), possibilitando a formação de extensas planícies costeiras. Além disto existem duas grandes baías, o Complexo Estuarino de Paranaguá e a Baía de Guaratuba (SOARES *et al.*, 1997).

O clima da planície costeira pode ser caracterizado como subtropical úmido mesotérmico com verões quentes e temperatura média anual estimada entre 20,8°C

e 22°C, com ventos predominantes das direções sul e leste (SOARES *et al.*, 1997). Em relação aos índices pluviométricos a região tem média anual de aproximadamente 2.500mm. No verão ocorrem as maiores precipitações em 24 horas, sendo freqüentes valores de 100mm, com máximos em torno de 400mm (MIQUELANTE, 2005).

A maré é do tipo semi-diurna, ou seja, ocorrem dois ciclos de marés por dia que podem ser influenciados por fenômenos meteorológicos diversos, apresentando range (diferença de alturas entre a baixa-mar e a preamar) máximo de aproximadamente 2m, e com média de 0,84m (KÖHLER, 1996). Segundo QUADROS (2002), a Deriva Litorânea propaga-se no sentido Sul – Norte, devido principalmente à ação das ondas, propiciando assim movimentação da água e de material em suspensão no mesmo sentido da corrente.

Na planície costeira de Paranaguá encontra-se o município de Pontal do Paraná, uma planície arenosa, de construção marinha, delimitado pelo Complexo Estuarino de Paranaguá (ao norte), pelo município de Paranaguá (a oeste) e pelo município de Matinhos (ao sul). A faixa de praia se estende ao longo do município, desde o Canal do DNOS (canal artificial de drenagem), na desembocadura da Baía de Paranaguá, até o Balneário Monções, limite sul do município (MIQUELANTE, 2005).

O município apresenta várias gamboas de pequeno e médio porte, dentre as quais podemos citar: Penedo, Perequê, Perequê Mirim, Barranco, Maciel e Olho D'água. O fluxo de água dessas gamboas é dominado principalmente pelo regime das marés, apresentando fluxo em ambas as direções, na enchente e na vazante. Nestes casos, fluxos significativos de água doce na direção de jusante acontecem na baixa-mar, principalmente em épocas de fortes chuvas (MIQUELANTE, 2005).

As gamboas da região têm sofrido várias influências antrópicas nos últimos anos, principalmente dragagem de seus leitos, interligação com canais de escoamento, recepção de águas pluviais e de esgotos provenientes das moradias da população do município. Por serem corpos de água muito vulneráveis a alterações da qualidade da água, estas alterações podem trazer sérios problemas à saúde das populações que vivem às suas margens, à sua produção biológica, e, ao seu aspecto estético.

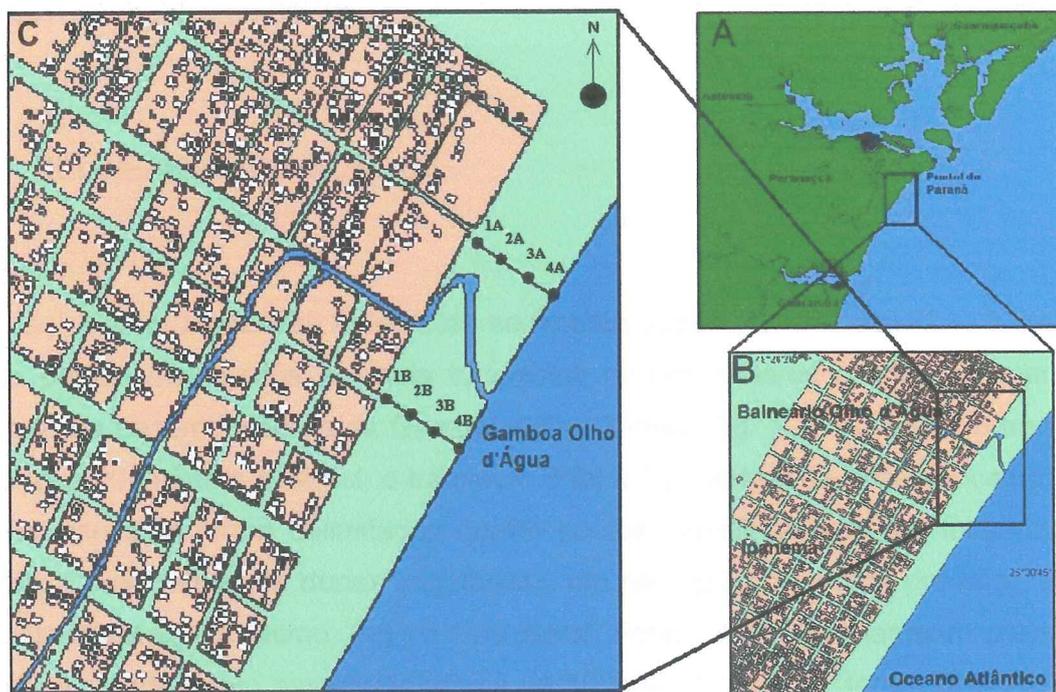


Figura 1: A – Litoral do Paraná com destaque para o local de coleta, B – Balneários de Ipanema e Olho d'Água com localização da área de estudo, e, C – Área de estudo com as estações de coleta.

Fonte: Siqueira, 2006. Modificado.

A Gamboa Olho d'Água tem aproximadamente 2,7 Km de extensão e desemboca em praia exposta. Por estar localizada em áreas urbanizadas do Balneário de Ipanema (SIQUEIRA, 2006) (Figura 1B) que não tinha, até início de 2009, nenhum tipo de sistema de tratamento de esgoto, é a mais impactada da região. Não há estudos prévios em sedimentos nessa gamboa, apenas relacionados com a qualidade da água. Vários canais dragados artificialmente desembocam nessa gamboa, e a maior parte do seu leito está coberta por vegetação típica de áreas impactadas. Periodicamente os moradores das suas margens retiram essa vegetação com o objetivo de aumentar o fluxo de água, e evitar assim que a gamboa transborde. Segundo informações da Prefeitura Municipal de Pontal do Paraná, ela recebe águas do Rio Peri, localizado à montante e receptor do chorume proveniente da terceira lagoa do aterro sanitário da região.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. DELINEAMENTO AMOSTRAL

Foram realizadas coletas de sedimento superficial arenoso (2 – 3 cm), em oito pontos distribuídos em dois transectos perpendiculares à linha da maré, na região da desembocadura da Gamboa Olho d'Água (Fig. 1C). Ao norte, o transecto "A" foi a 200 metros e ao sul, o transecto B foi a 100 metros da desembocadura. Em cada transecto foram delimitados quatro pontos, sendo sempre um localizado no supra-litoral (região de dunas vegetadas), um na região da última preamar, um no médio-litoral e, por último, um no infra-litoral. Foram realizadas também coletas de água em cada ponto amostrado (cerca de 100 mL). Para isso, foram feitos buracos de cerca de 1 metro nas regiões de supra-litoral, última preamar e médio-litoral, para retirada da água intersticial, sendo que no infra-litoral não foi necessário, a água utilizada foi a superficial.

Em cada ponto amostral foi coletada uma amostra para granulometria (sem réplicas) e duas réplicas para as demais análises. As coletas foram realizadas entre novembro de 2008 e março de 2009, acompanhando o período de maior fluxo de veranistas. Todas as coletas foram feitas entre o final da vazante e o início da enchente de sizígia.

### 5.2. ANÁLISES DE LABORATÓRIO

#### 5.2.1. Parâmetros físico-químicos:

**Temperatura do sedimento:** medida no campo com termômetro padrão de escala 1/100°C enterrado no sedimento.

**Teor de umidade do sedimento superficial:** foi calculado através da diferença de peso após a secagem de 1 grama de cada amostra de sedimento, em estufa a 60°C,

por 48 horas, até a obtenção de peso constante.

**Teor de matéria orgânica do sedimento superficial:** para determinação do conteúdo de matéria orgânica, foi usado o Método de Oxidação com Peróxido de Hidrogênio, segundo Zen (2005). Aproximadamente 10 gramas de sedimento de cada amostra, após a secagem em estufa e maceração, foram acondicionados em um béquer e adicionados cerca de 20 mL de peróxido de hidrogênio para queima de matéria orgânica. Através da diferença de peso da amostra antes e depois da queima foi obtido o teor de matéria orgânica.

**Teor de carbonato de cálcio do sedimento superficial:** as medidas dos teores de carbonato de cálcio foram obtidas tratando-se aproximadamente 10 gramas da amostra com ácido clorídrico a 10% de concentração até cessar a efervescência, lavando-se em seguida, com água destilada e secando-a para pesagem.

**Granulometria:** foram efetuadas no Laboratório de Geologia Marinha do CEM/UFPR. As análises granulométricas foram realizadas pelo método de peneiramento (SUGUIO, 1973, modificado por ZEM, 2005). Foram pesados aproximadamente 50 gramas de cada amostra após processo de desumificação em estufa (<50°C) e depois adicionados 150 mL de água destilada para homogeneização. Esse material foi elutriado, e, pesado o material remanescente após secagem em estufa. Foi realizado então o peneiramento – pesagem de cada fração – com balança de acurácia de  $10^{-4}$  g.

**Salinidade:** As amostras foram acondicionadas em frascos fechados e transportadas ao Laboratório de Microbiologia do CEM/UFPR. A salinidade foi medida com refratômetro QA Supplies, LLC, modelo MT-100ATC, com escala de 0 a 100‰.

**Potencial hidrogeniônico (pH):** Medido no laboratório utilizando o pHmetro portátil digital marca ANALION, modelo PM 602, nº Z 4839.

### 5.2.2. Parâmetros meteorológicos

Os dados foram obtidos através da Estação Meteorológica Campbell – CM10, localizada no Centro de Estudos do Mar – Pontal do Sul, sendo cedidos pelo Laboratório de Física Marinha do CEM/UFPR.

**Precipitação:** Foram utilizados dados das 72 horas anteriores a cada coleta.

**Radiação solar:** Foram utilizados dados dos horários em que foram realizadas as coletas.

### 5.2.3. Parâmetros microbiológicos:

As coletas de sedimento foram realizadas manualmente, com auxílio de colheres e placas de Petri devidamente esterilizadas. Todas as amostras foram levadas no gelo ao laboratório do CEM/UFPR até serem analisadas.

Para a contagem das bactérias heterotróficas totais, biomassa bacteriana, coliformes totais e *E. coli* no sedimento, 20 cm<sup>3</sup> do mesmo (medidos com auxílio de seringas) foram diluídos em 180 mL (diluição de 1:10) de água destilada esterilizada, submetidos à agitação (70 rpm) por 10 minutos e decantados por 10 a 15 minutos. Da água sobrenadante foram retiradas alíquotas para as respectivas análises microbiológicas:

#### a) Bactérias heterotróficas totais e biomassa bacteriana

Alíquotas de aproximadamente 15 mL foram formalizadas no laboratório e mantidas resfriadas até o momento da contagem. Um volume de 1 mL de cada amostra foi misturado com 1 mL de água destilada autoclavada, corado com 0,2 mL de fluorocromo laranja de acridina e filtrado utilizando filtros de membrana Nucleopore (0,22 µm de poro) previamente escurecidos. A contagem de bactérias foi feita por microscopia de epifluorescência (Microscópio Nikon, mod. Labophot) seguindo a metodologia descrita por PARSONS *et al.* (1984).

Para a quantificação da biomassa bacteriana, determinou-se o biovolume a partir de figuras geométricas aproximadas e se utilizou o fator de conversão de 0.4 pgC.µm<sup>-3</sup> (BJØRNSSEN; KUPARINEN, 1991).

## b) Coliformes totais e *Escherichia coli*

Para a análise foi usado um substrato cromogênico composto basicamente por sais. O ortho-nitrofenil- $\beta$ -D-galactopyranosídeo (ONPG) específico para o grupo dos coliformes totais e o 4-metil-umberifenil glucoronídeo (MUG) específico para *Escherichia coli*, conforme padronizado pelo "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA, 1995). Os meios de cultura e as cartelas utilizadas nas análises foram os Colilert®, de acordo com a metodologia sugerida pela empresa fabricante Idexx Laboratories, Inc.

O material foi incubado em cartelas por 18 horas à 36°C em estufa para B.O.D. (modelo 347). Para verificação de coliformes totais foram contados os campos com coloração amarela sob luz natural e para a *Escherichia coli*, os de coloração fluorescente, sob luz ultravioleta de 365 nm.

Para a obtenção do número mais provável (NMP) de bactérias do grupo dos coliformes em 100 ml de água sobrenadante, utilizou-se uma tabela de correlação fornecida pela própria firma.

### 5.3. Tratamento dos dados

Os parâmetros estatísticos granulométricos (diâmetro médio, grau de seleção, assimetria e curtose) foram obtidos pelo método da Medida dos Momentos realizados no software SysGran (CAMARGO, 1999). Todos os resultados obtidos foram submetidos a avaliações estatísticas com auxílio dos pacotes STATISTICA 5.5 e 7.0. Para a confecção dos gráficos de barra foram plotados os valores absolutos de cada amostra, e quando havia réplicas foram plotadas as médias entre as réplicas por ponto amostrado.

Foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) para todos os parâmetros que possuíam réplicas, mesmo que não tenham atendido aos pressupostos, conforme descrito por Underwood (1997). Os resultados foram apresentados na forma de gráficos e foi adotado o nível de significância de 95%. Foi realizado ainda o teste "post hoc" de Tukey HSD. A inter-relação dos parâmetros estudados foi realizada

através da Análise dos Componentes Principais (PCA).

## 6. RESULTADOS

Os valores absolutos dos parâmetros físico-químicos encontram-se nas tabelas 1 a 6, os biológicos nas tabela 7 a 11, e os meteorológicos nas tabelas 12 a 16, todas em anexo. Os resultados obtidos através dos testes de "post hoc" estão nas tabelas (17 a 29) também em anexo.

### 6.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

#### 6.1.1. Temperatura do sedimento superficial

Como pode ser observado na figura 2, as menores temperaturas, com um mínimo de 22,5°C na estação 4 do transecto B, foram registradas em novembro de 2008, e as mais elevadas, com um máximo de 31,5° C nas estações 1 e 2 do transecto A, em janeiro de 2009.

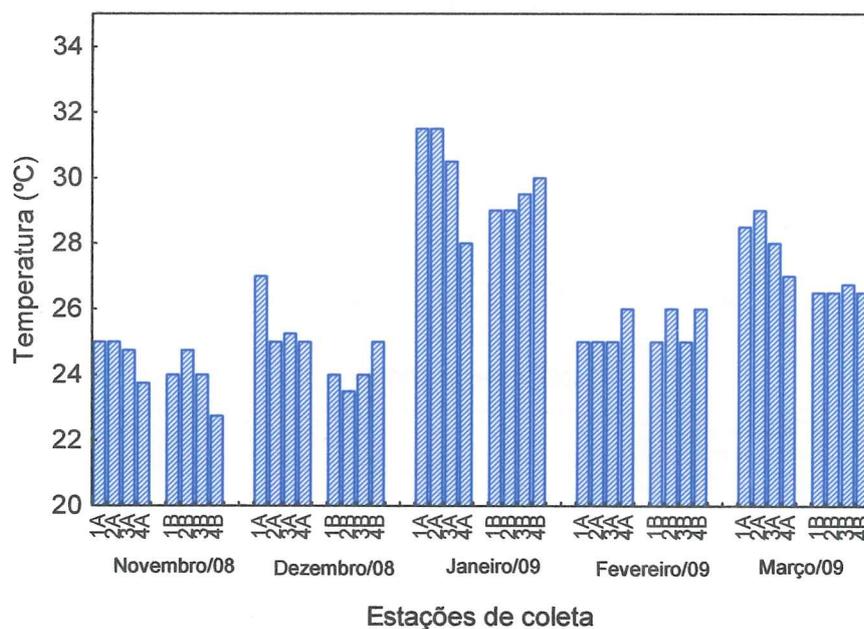


Figura 2: Temperatura do sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado.

A análise de variância (ANOVA) evidenciou que a temperatura do sedimento variou significativamente entre os meses (figura 3A), mas não entre as estações (figura 3B) nem entre os transectos (figura 3C). O teste "post hoc" de Tukey HSD apontou que a temperatura foi significativamente maior em janeiro que em novembro e dezembro; em fevereiro houve diferença significativa em relação a novembro e janeiro, e em março em relação a todos os outros meses analisados (tabela 17).

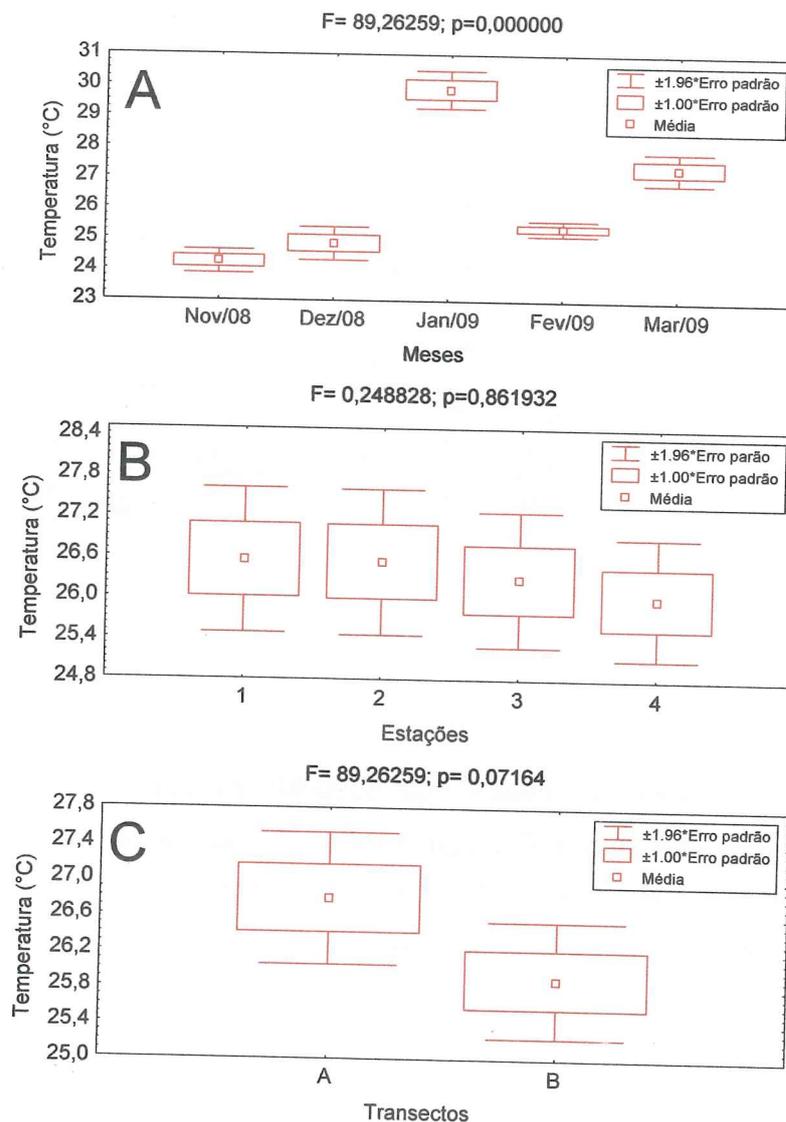


Figura 3: Análise de variância da temperatura do sedimento superficial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos.

### 6.1.2. Salinidade

Na figura 4, podemos observar que nos dois transectos (A e B) os valores mais baixos da salinidade sempre foram encontrados nas estações 1 e 2, e os mais elevados nas estações 3 e 4. O menor valor de salinidade foi em fevereiro no transecto B, na estação 1 (0,5‰) e o maior (35,5‰) em novembro na estação 4 no transecto A.

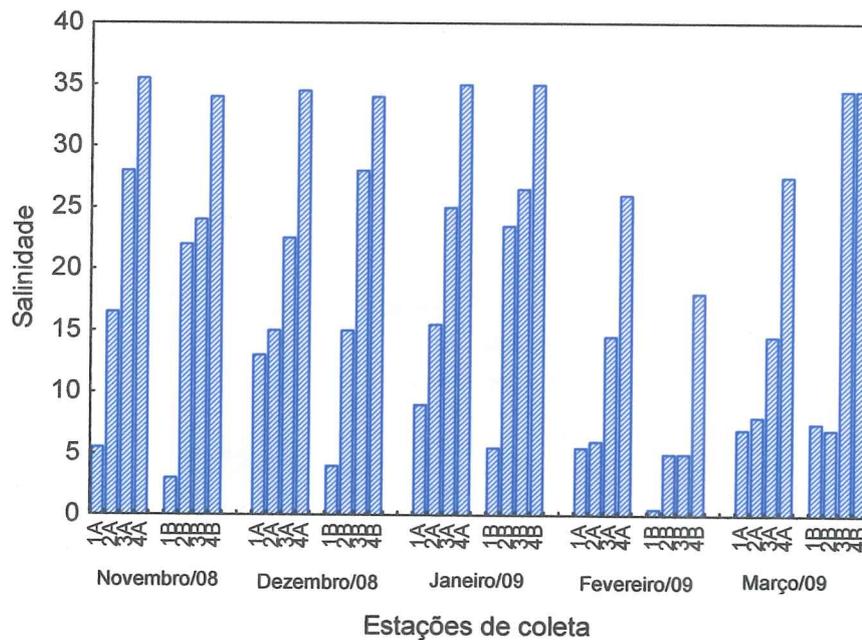


Figura 4: Salinidade da água intersticial por ponto de coleta ao longo do período estudado.

A ANOVA mostrou variabilidade significativa da salinidade entre os meses (figura 5A) e entre os pontos amostrados (figura 5B), mas não entre os transectos (figura 5C). O teste "post hoc" de Tukey HSD mostrou que o mês de fevereiro apresentou diferença significativa com relação a novembro e janeiro (tabela 18). Entre as estações, todas foram significativamente diferentes entre si (tabela 19).

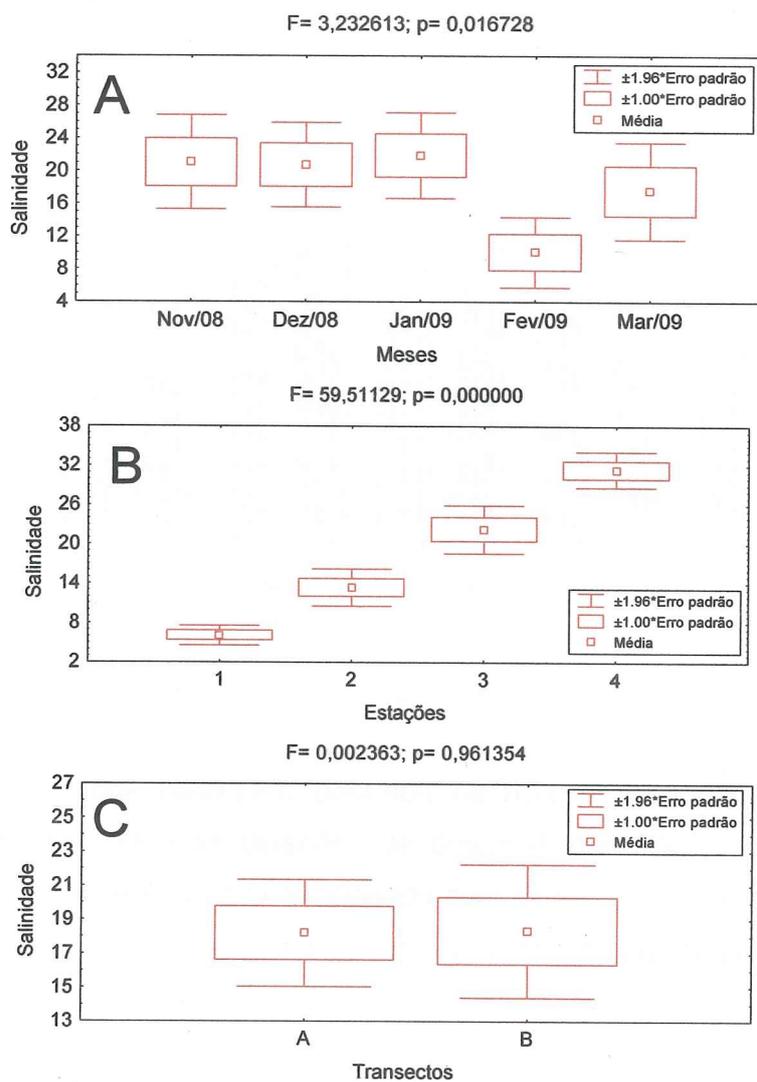


Figura 5: Análise de variância da salinidade da água intersticial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos.

### 6.1.3. Potencial Hidrogeniônico

Como pode ser observado na figura 6, o pH da água intersticial variou muito pouco. Entretanto o menor valor (7,47) foi em fevereiro na estação 3, e o maior (9,00) na estação 1 em novembro, ambos do transecto B.

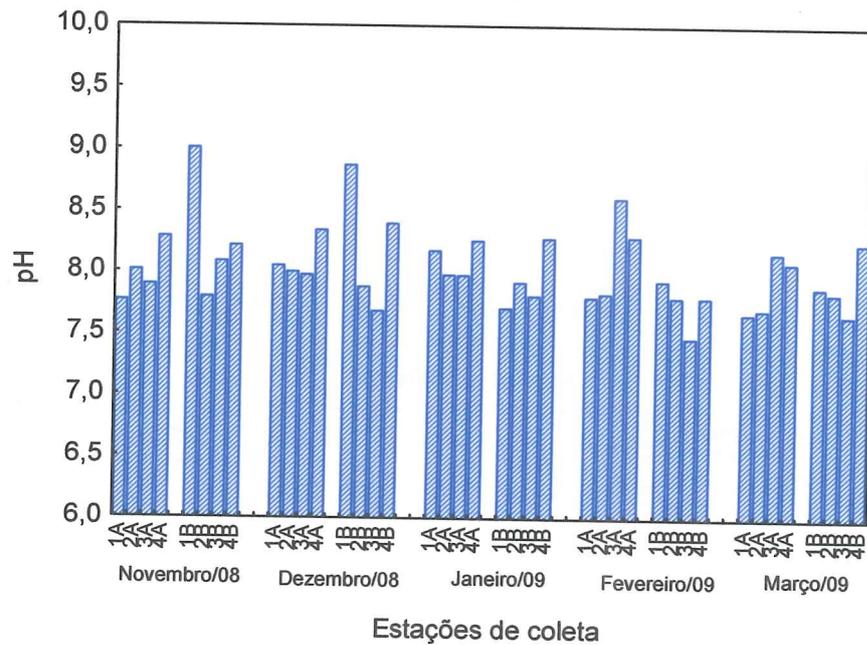


Figura 6: Valor de pH por ponto de coleta ao longo do período estudado.

A ANOVA, confirmada pelo "post hoc" de Tukey HSD, mostrou variabilidade significativa apenas entre as estações de coleta (figura 7B). Essa diferença foi significativa na estação 4 quando relacionada com as estações 2 e 3 (tabela 20). Ao longo dos meses e dos transectos a variabilidade não foi significativa (figuras 7A e 7C).

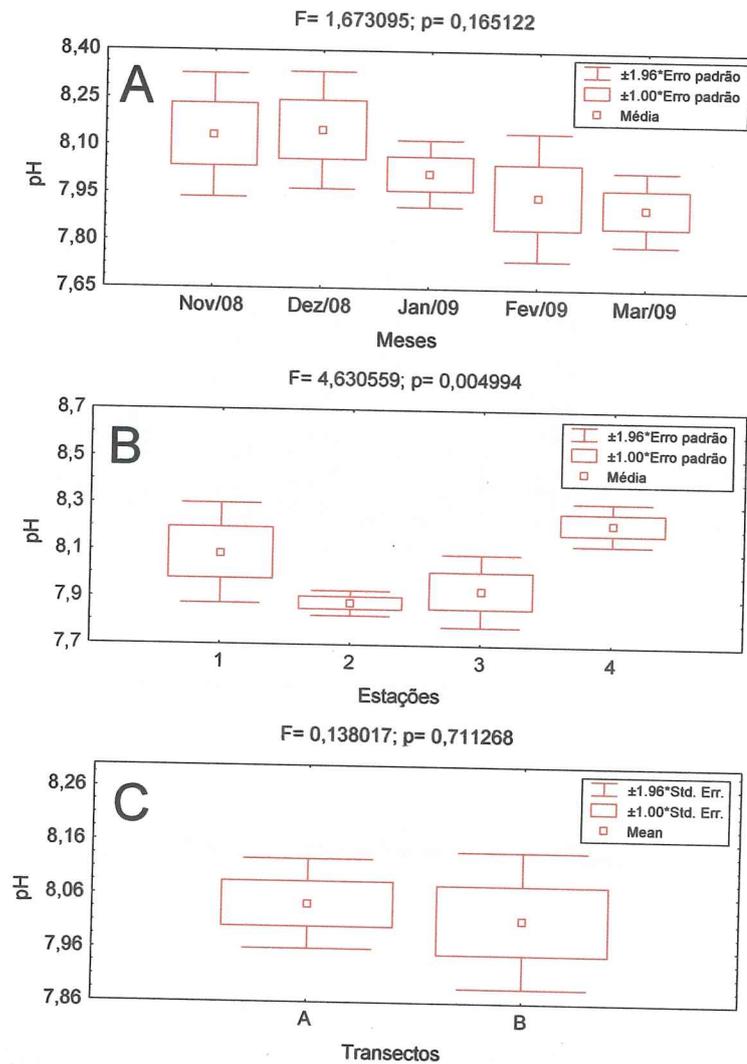


Figura 7: Análise de variância do pH da água intersticial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos.

#### 6.1.4. Matéria orgânica do sedimento superficial

Como pode se verificar na figura 8, o menor (0,07%) e o maior (6,01%) teor de matéria orgânica foram registrados nas estações 1 e 3 do transecto A, em janeiro, respectivamente.

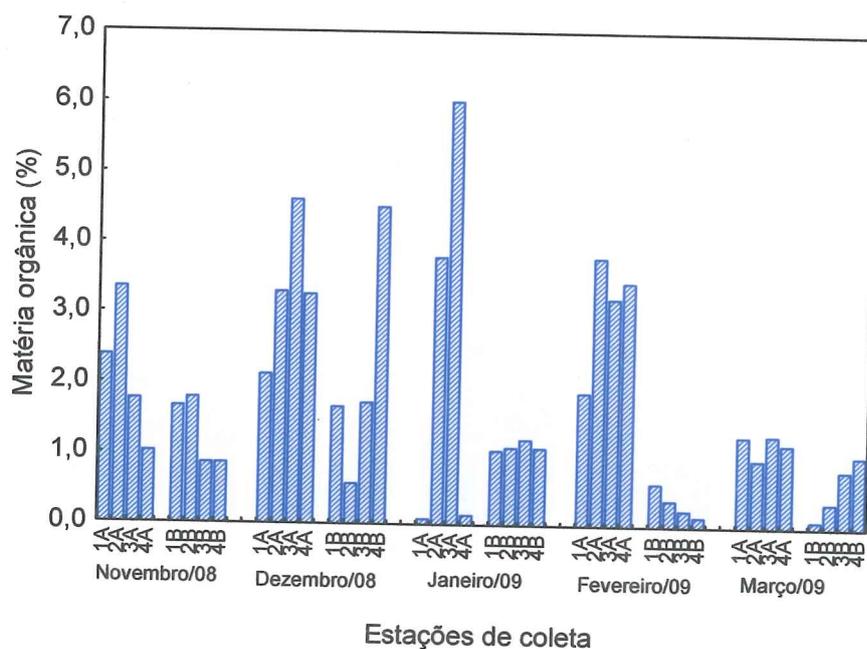


Figura 8: Teor de matéria orgânica no sedimento por ponto de coleta ao longo do período estudado.

#### 6.1.5. Carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) do sedimento superficial

Como pode ser observado na figura 9, o menor teor de  $\text{CaCO}_3$  (0,15%) foi registrado na estação 2 do transecto B, em março, e o maior (3,43%) na estação 4 do transecto A, em dezembro.

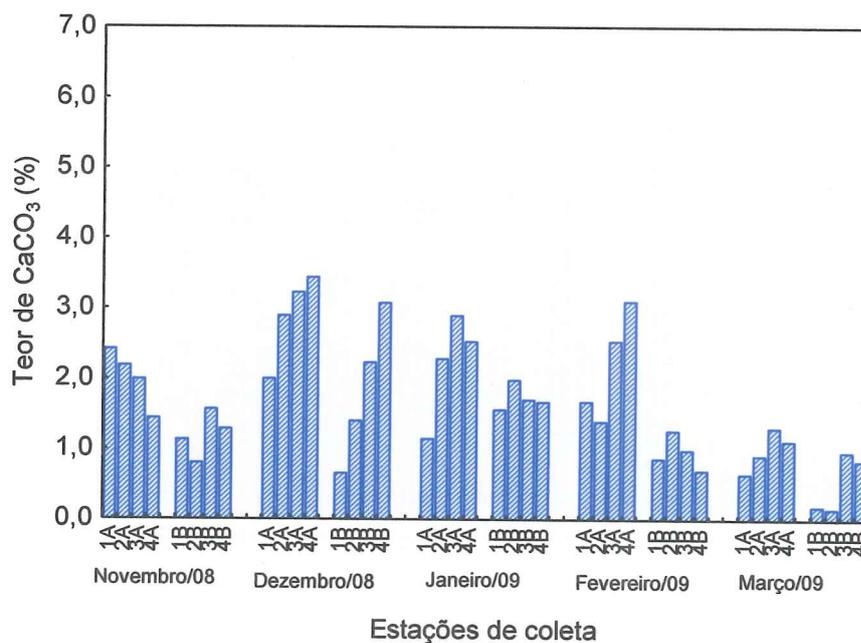


Figura 9: Teor de CaCO<sub>3</sub> no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado.

#### 6.1.6. Umidade do sedimento superficial

A figura 10 mostra que, na maioria dos meses, os menores valores de umidade foram encontrados nas estações 1 e 2, e os maiores nas estações 3 e 4, em ambos os transectos (A e B). O mínimo (1,62%) foi registrado na estação 1 do transecto A, em dezembro, e o máximo (20,34%) na estação 4 do transecto B, em março.

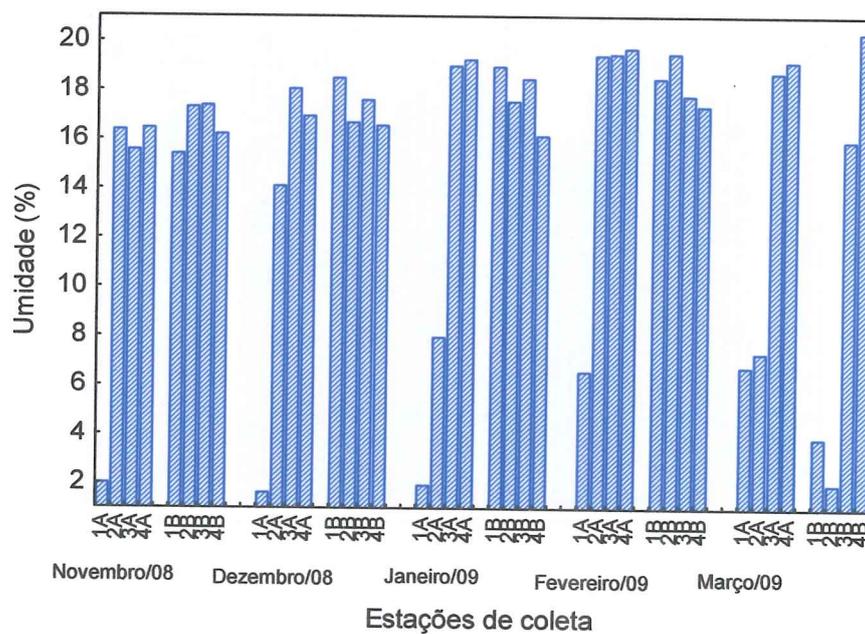


Figura 10: Teor de umidade do sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado.

#### 6.1.7. Areia do sedimento superficial

Como pode se observar na figura 11, todas as amostras apresentaram mais de 99% de teor de areia. Teores de areia de 100% foram registrados com maior frequência em janeiro (estações 3 e 4 nos transectos A e B) e o mínimo (99,58%) foi na estação 4 do transecto A, em novembro.

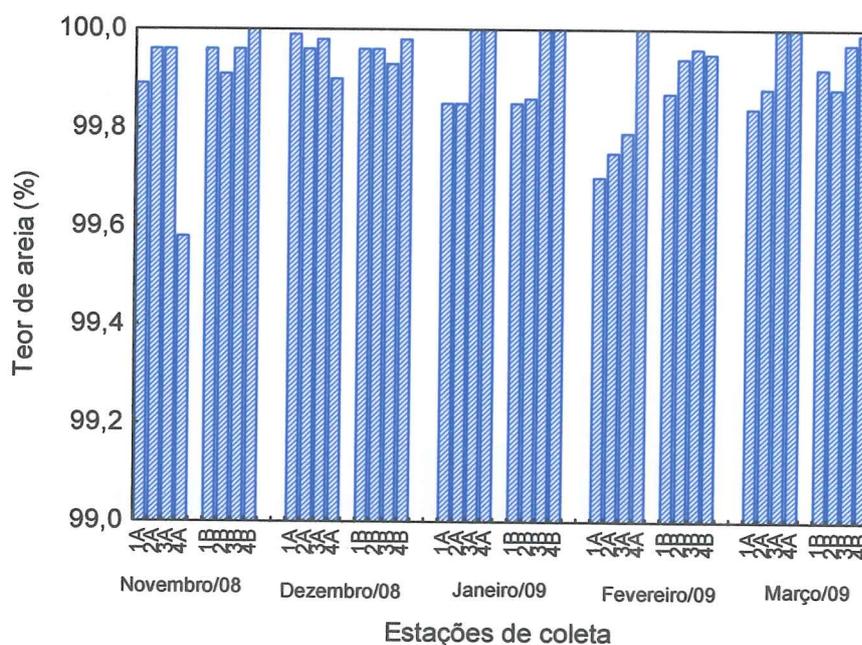


Figura 11: Teor de areia no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado.

#### 6.1.8. Silte do sedimento superficial

Todas as amostras apresentaram valores abaixo de 1% de teor de silte (figura 12). O valor mais elevado (0,42%) foi registrado na estação 4 do transecto A, em novembro. Principalmente em janeiro, nas estações 3 e 4 dos dois transectos, as amostras de sedimento não continham silte.

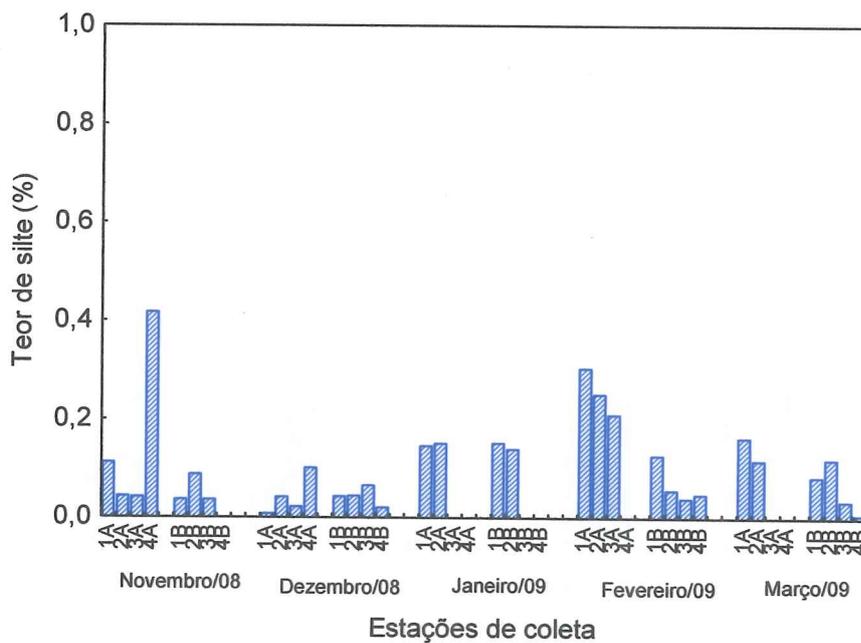


Figura 12: Teor de silte no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado.

## 6.2. PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

### 6.2.1. Precipitação

A figura 13 mostra a somatória dos níveis de pluviosidade das 72 horas anteriores a cada coleta. Podemos observar que a menor somatória (0,8 mm) foi registrada em janeiro, e, a maior (36,2 mm) em fevereiro.

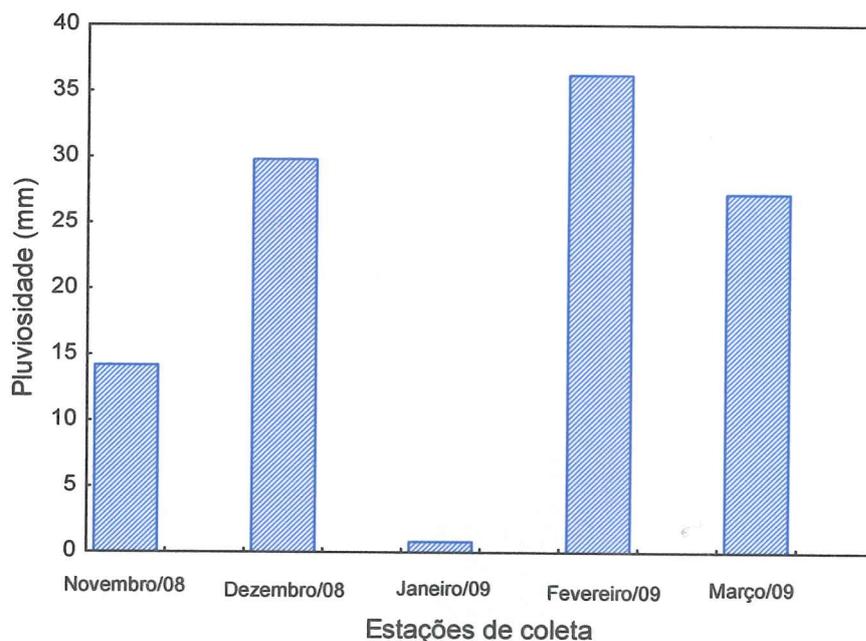


Figura 13: Pluviosidade das 72 horas anteriores às coletas em milímetros ao longo do período estudado.

A figura 14 apresenta o nível de pluviosidade das 24 horas anteriores às coletas e mostra que choveu em todas as datas das coletas. O menor valor (0,8 mm) foi registrado em janeiro e o maior (17,4 mm) em fevereiro.

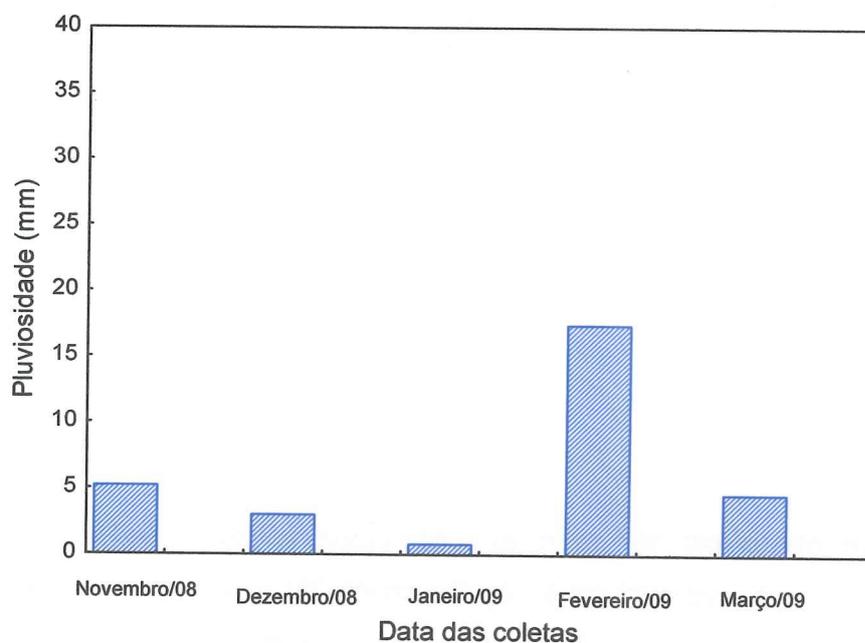


Figura 14: Pluviosidade das 24 horas anteriores ao horário das coletas ao longo do período estudado.

### 6.2.2. Radiação solar

A figura 15 mostra a variação da radiação solar nos horários e nas datas em que foram realizadas as coletas. O menor valor ( $101,1 \text{ W/m}^2$ ) foi registrado em fevereiro e o mais elevado foi de  $853 \text{ W/m}^2$  nas estações 1 do transecto A e 4 do transecto B, ambos em janeiro.

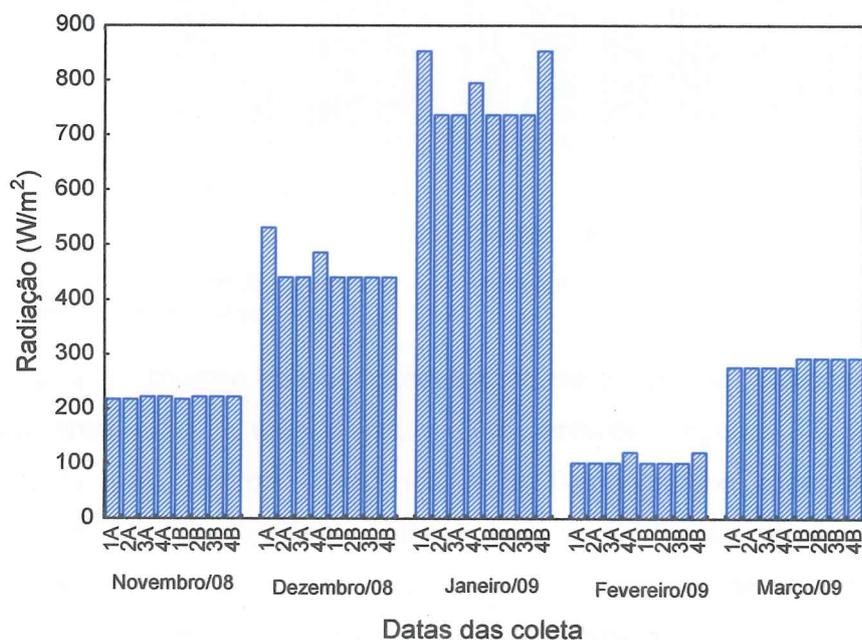


Figura 15: Radiação solar por ponto no horário das coletas.

## 6.3. PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

### 6.3.1. Bactérias heterotróficas totais

Podemos observar na figura 16 que a menor densidade de bactérias heterotróficas totais ( $517,31 \times 10^3$ ) foi na estação 4 em fevereiro, e a maior ( $3.983,57 \times 10^3$ ) na estação 1 em janeiro, ambas no transecto A.

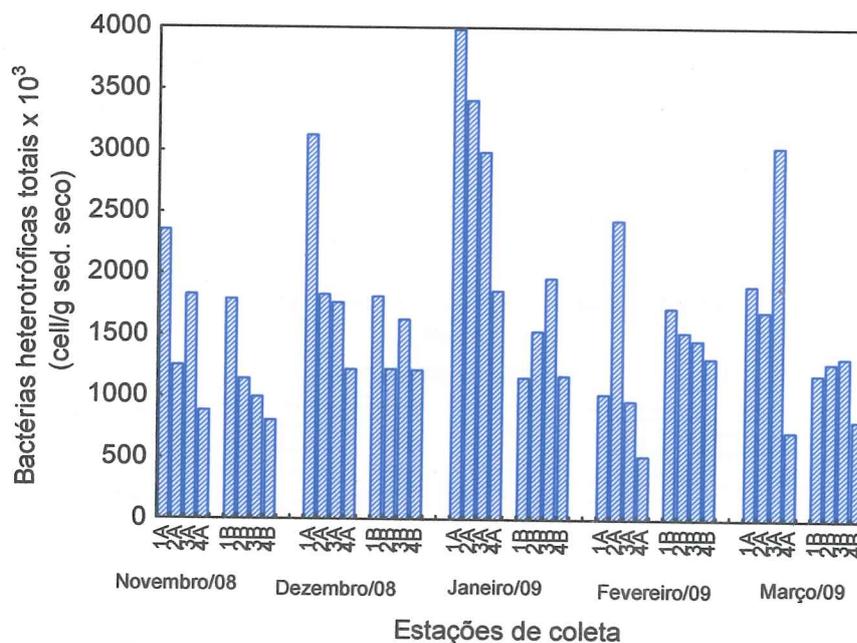


Figura 16: Bactérias heterotróficas totais no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado.

A figura 17 mostra que a concentração de bactérias heterotróficas variou significativamente entre os meses (figura 17A), estações (figura 17B) e transectos (figura 17C). O “pos hoc” de Tukey HSD e as figuras abaixo mostraram que os valores de janeiro foram significativamente mais elevados que os de novembro e fevereiro (tabela 21). Entre as estações, os valores de bactérias foram significativamente menores no ponto 4 (figura 17B e tabela 22). Além disto, o número de bactérias foi menor no transecto B (figura 17C).

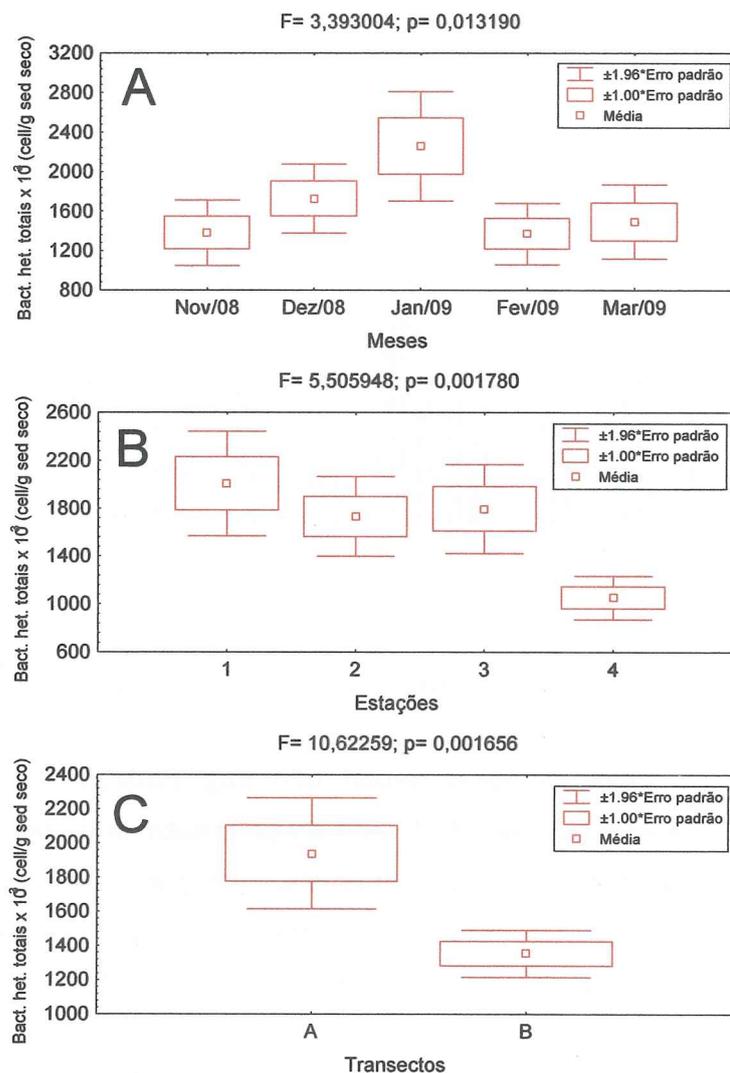


Figura 17: Análise de variância da densidade de bactérias heterotróficas totais x  $10^3$  em cell/g sed seco do sedimento superficial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos.

### 6.3.2. Biomassa bacteriana

Ao compararmos a variabilidade da biomassa bacteriana ao longo das estações de coleta, pode ser observado que seus resultados foram semelhantes aos da abundância bacteriana. O mínimo ( $17,55 \mu\text{gC/g sed. seco}$ ) foi na estação 4 no transecto A, em março, e o máximo ( $169,09 \mu\text{gC/g sed. seco}$ ) na estação 2 no transecto A, em janeiro (figura 18).

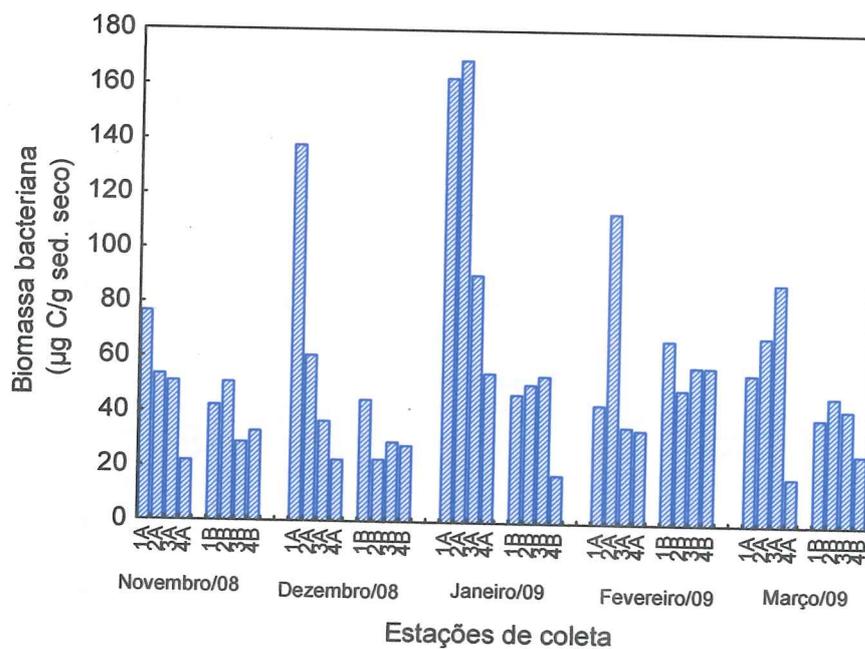


Figura 18: Biomassa bacteriana no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado.

A ANOVA mostrou que não houve diferença significativa da biomassa bacteriana ao longo dos meses (figura 19A). Entre as estações e entre os transectos sua variação foi significativa, com valores menores na estação 4 quando comparado com as estações 1 e 2 e no transecto B (figura 19B e figura 19C), o que foi confirmado pelo teste "post hoc" de Tukey HSD (tabela 24).

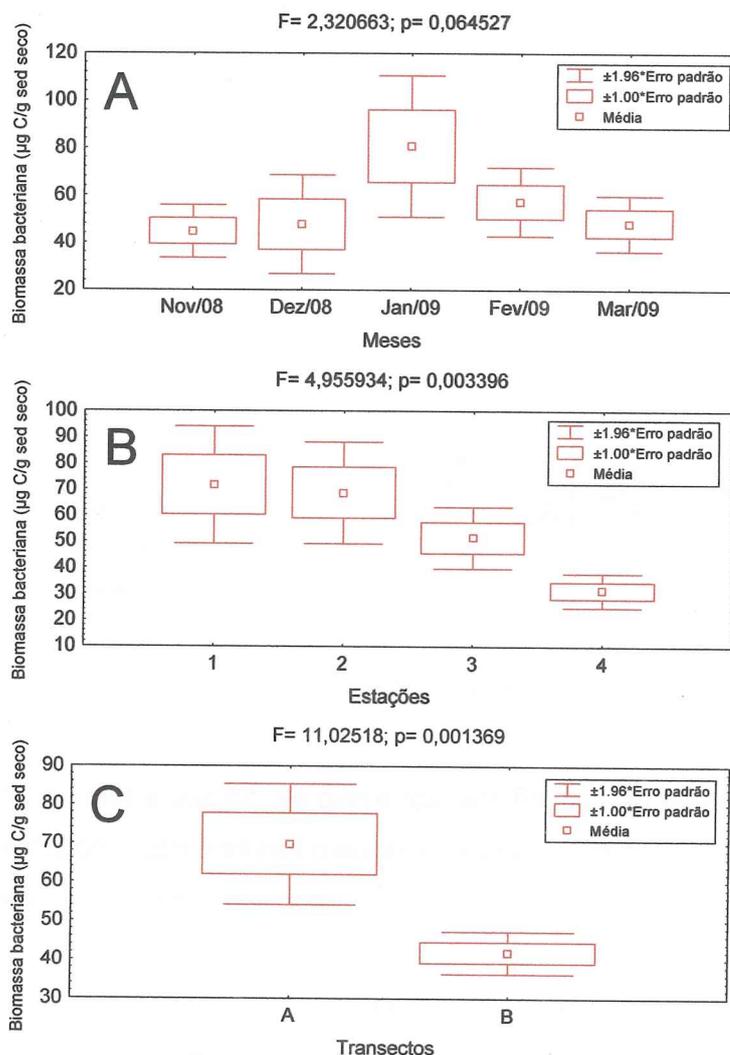


Figura 19: Análise de variância da biomassa bacteriana do sedimento superficial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos.

### 6.3.3. Coliformes totais

Como mostra a figura 20, os valores mínimos de coliformes totais (<1 NMP/g sed. seco) foram na estação 4A em novembro e nas estações 3A e 4A em janeiro. Ainda podemos observar que os máximos (399,60 NMP/g sed. seco e 387,63 NMP/g sed. seco) também foram verificados em novembro e janeiro, respectivamente, ambos na estação 2B.

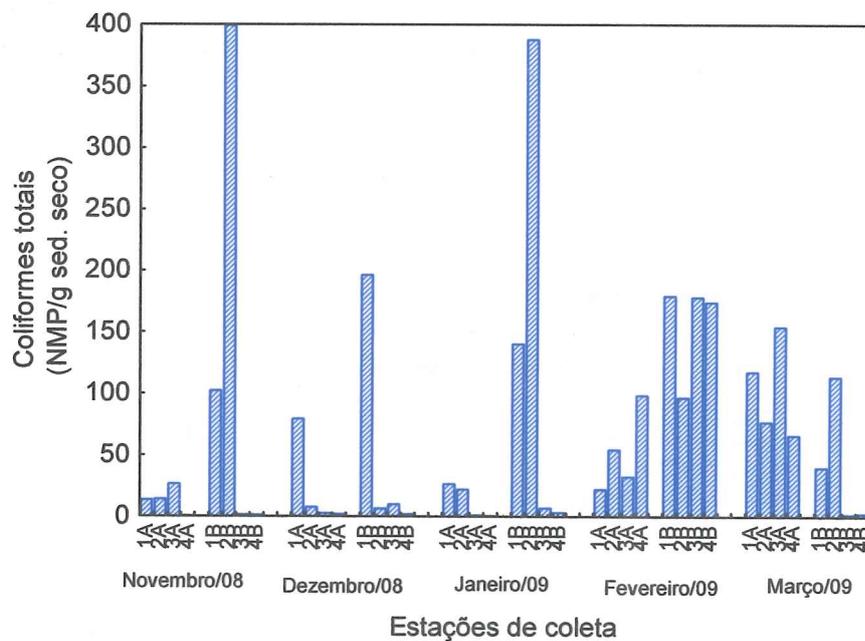


Figura 20: Coliformes totais no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado.

A figura 21 mostra que houve diferença significativa do número de coliformes totais entre as estações, com valores menores na estação 4 com relação à estação 2 (figura 21B) e entre os transectos, com valores mais elevados no transecto B (figura 21C). Estes resultados foram confirmados pelo teste “post hoc” de Tukey HSD (tabela 26). A ANOVA mostrou ainda que não houve variabilidade significativa deste parâmetro ao longo dos meses estudados (figura 21A).

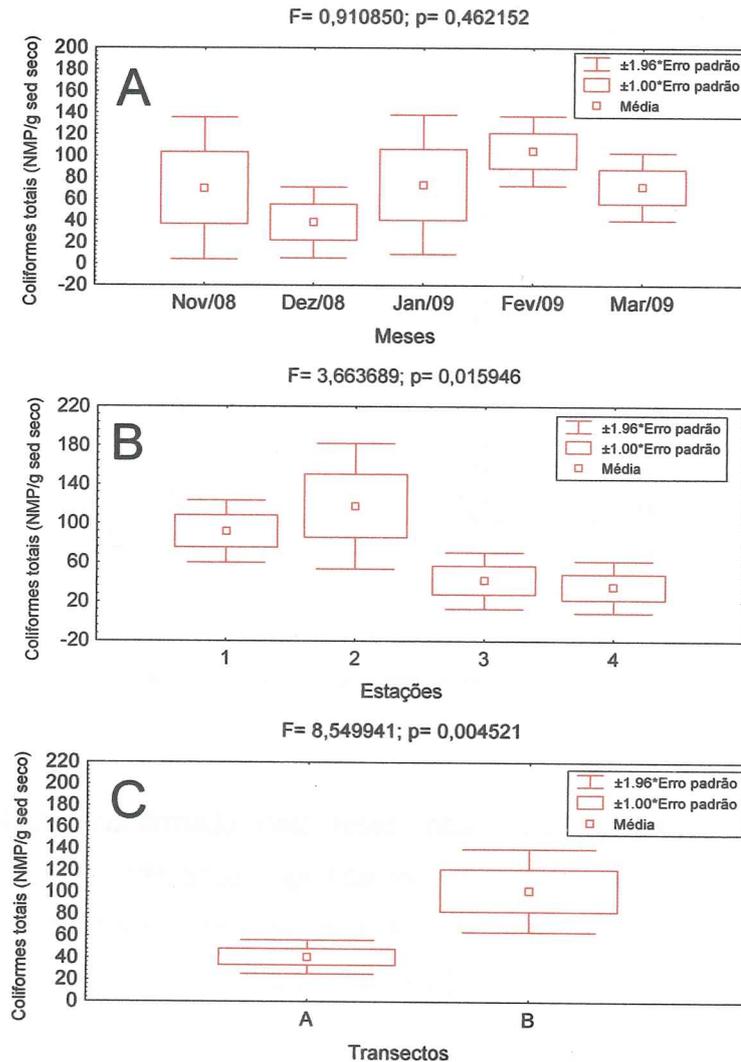


Figura 21: Análise de variância do número de coliformes totais em NMP/g sed seco do sedimento superficial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos.

#### 6.3.4. *Escherichia coli*

Conforme a figura 22, valores mais elevados de *E. coli*, assim como os de coliformes totais, também foram registrados em novembro e janeiro. O valor máximo destes microrganismos (387,63 NMP/g sed. seco) foi registrado na estação 2 do transecto B, em janeiro, e valores <1NMP/g sed. seco foram registrados em todos os meses amostrados, com maior frequência em dezembro.

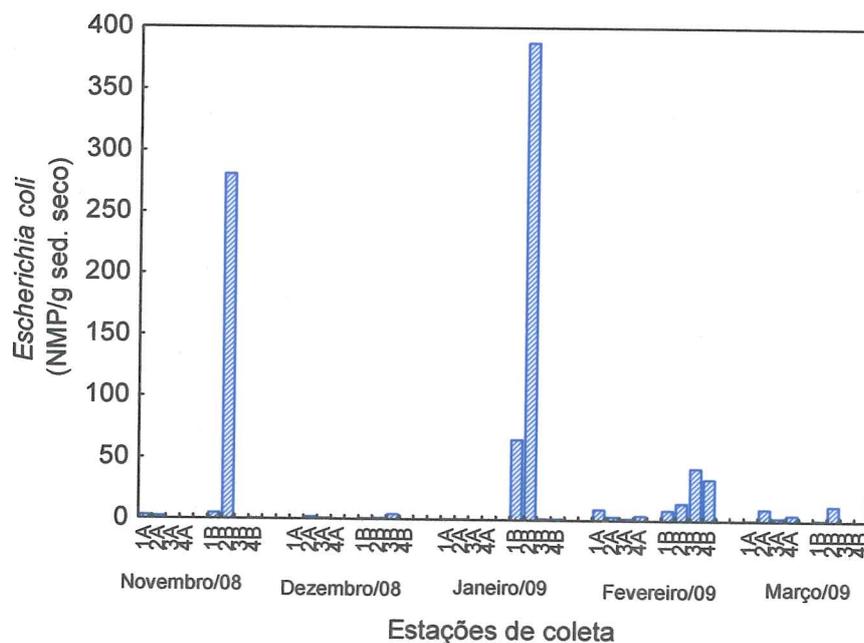


Figura 22: *Escherichia coli* no sedimento superficial por ponto de coleta ao longo do período estudado.

A ANOVA, confirmada pelo teste "post hoc" de Tukey HSD (tabela 28) mostrou que houve diferença significativa na abundância de *E. coli* entre as estações, com valores maiores na estação 2 (figura 23 B), e entre os transectos, com valores maiores no transecto B (figura 23 C). Ao longo dos meses a variação não foi significativa (figura 23A).

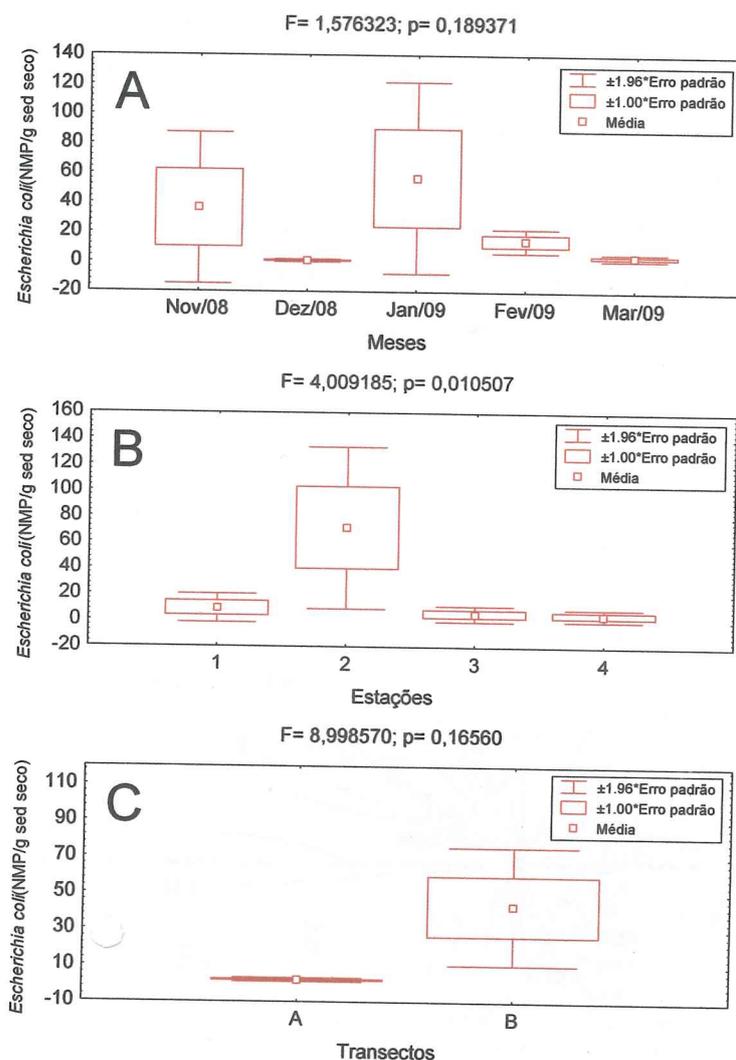


Figura 23: Análise de variância da abundância de *E. coli* em NMP/g sed seco do sedimento superficial entre: A - os meses; B - as estações de coleta e; C - os transectos.

#### 6.4. ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)

A análise dos componentes principais está graficamente representada na figura 24. O primeiro componente explicou 24,91% da variabilidade e mostrou relação direta da pluviosidade, tanto de 24 quanto de 72 horas, com a maioria das estações em fevereiro, e da radiação com as estações 3 e 4 (transectos A e B) em janeiro. O segundo componente explicou 20,45% da variabilidade, e mostrou relação direta, na maioria dos meses estudados, da salinidade, teor de areia, carbonato de

cálcio, umidade e, em menor grau, matéria orgânica, com as estações 3 e 4 dos dois transectos. Ainda pode ser observado que elas são inversamente relacionadas com teor de silte, coliformes totais e, em menor grau, com a *E. coli*. Estes, por sua vez, apresentaram correlação direta nas estações 1 e 2 dos dois transectos em março. A temperatura, as bactérias heterotróficas totais e a biomassa bacteriana foram explicadas pelos dois componentes e apresentaram correlação direta principalmente com as estações 1 e 2 do transecto A em janeiro e inversa com a estação 4 do mesmo transecto em fevereiro.

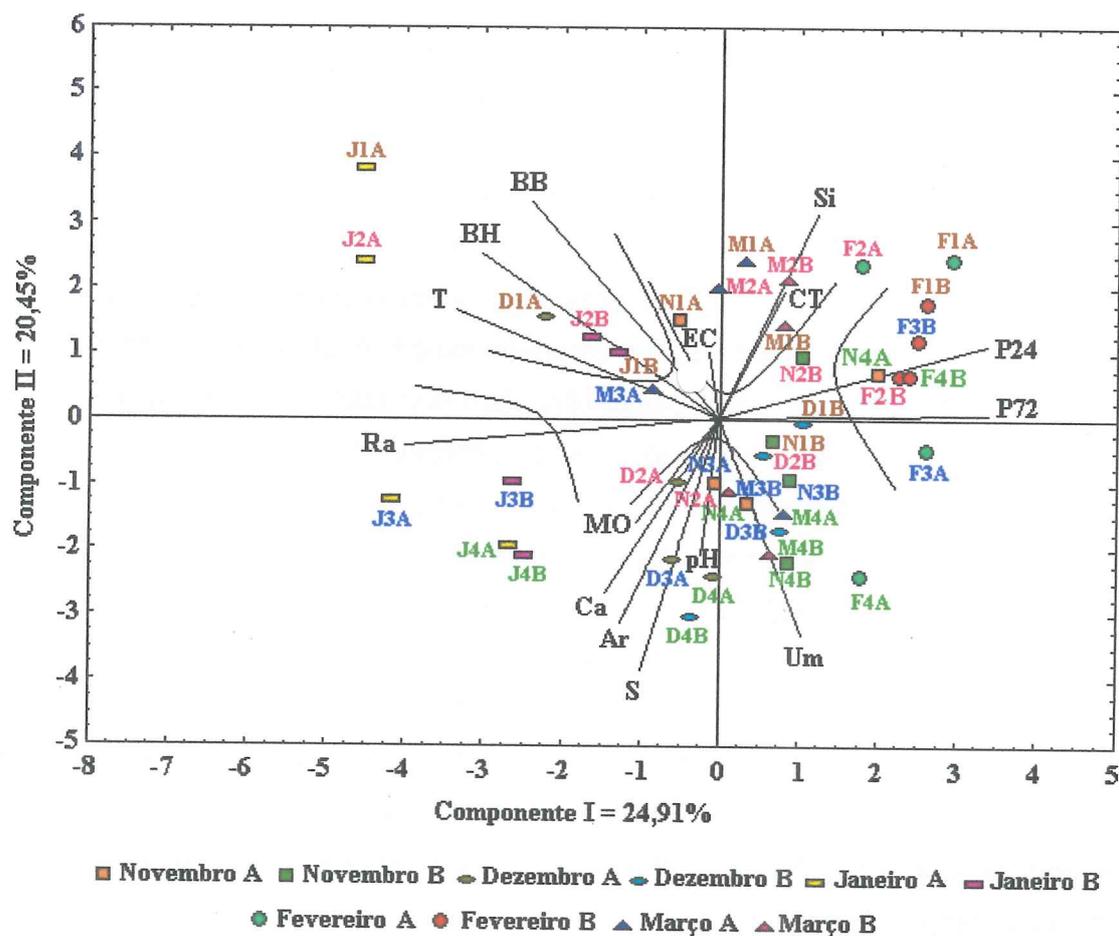


Figura 24: Representação gráfica da Análise dos Componentes Principais.

## 7. DISCUSSÃO

O clima da planície costeira paranaense é subtropical úmido mesotérmico com verões quentes (SOARES *et al.*, 1997). Estas características puderam ser confirmadas na presente pesquisa, em que foi observada uma variabilidade significativa da temperatura entre os meses, com valores menores em novembro e mais elevados em janeiro. Apesar das coletas terem sido feitas entre o início da manhã e o meio-dia, a ANOVA mostrou que não houve variação de temperatura. Tais resultados foram diferentes dos encontrados por Miquelante (2007) que encontrou variabilidade significativa deste parâmetro, com valores menores no período da manhã e significativamente maiores ao meio dia, em sedimentos superficiais coletados em quinze estações da região entre-marés da Ilha do Mel.

O teor de umidade do sedimento pode depender de vários fatores, como inclinação da praia, granulometria do sedimento, variação das marés, precipitação volumétrica, escoamento de águas interiores e da umidade relativa do ar (BROWN; McLACHLAN, 1990). O fator que mais influenciou o teor de umidade do sedimento no presente trabalho foi a localização das estações, podendo-se observar, em linhas gerais, valores menores na região do supra-litoral e maiores no infra-litoral. Apenas no transecto B não pode ser verificado esse padrão, onde foram encontrados valores elevados também no supra-litoral, provavelmente devido à proximidade da desembocadura da Gamboa do Olho d'Água.

A salinidade da água intersticial dos pontos amostrados foi consistentemente menor na região do supra-litoral aumentando em direção ao infra-litoral. Apenas em março de 2009 a salinidade foi um pouco mais elevada na estação 1 em relação à 2 no transecto B. Os transectos localizaram-se nas proximidades das duas margens da desembocadura da Gamboa do Olho d'Água. Nesta região existem variações acentuadas na configuração meandrante deste curso d'água. Segundo Siqueira (2006) existe pouca intrusão de água salgada nesta gamboa. Como em março havia se formado, no transecto B, um meandro nas proximidades da estação 2, há indícios de que esta tenha sido a causa da variação na salinidade. Entretanto, em linhas gerais, os resultados mostram que à medida que há um distanciamento do lençol freático da linha do mar, há também uma miscigenação da água salgada com a doce. Com relação ao período estudado pode ser observado que os menores

valores de salinidade ocorreram em fevereiro de 2009. No mesmo período foram registrados os maiores valores de pluviosidade. Tais resultados mostram que há uma relação inversa entre estes dois parâmetros.

Águas doces apresentam pH mais ácido do que águas salinas. Tais características foram confirmadas neste trabalho, onde principalmente os valores de pH da água intersticial da estação 4 foram mais elevados que o das demais.

Não foi constatado nenhum padrão para os teores de matéria orgânica. Entretanto o PCA mostrou que não houve relação entre a matéria orgânica e a quantidade de bactérias no sedimento. Tais resultados são contrários aos encontrados por Kolm *et al.* (1997), que correlacionaram a matéria orgânica com bactérias heterotróficas cultiváveis e Miquelante (2007) que comparou a matéria orgânica com bactérias heterotróficas totais em regiões entre-marés, e que encontraram correlação direta entre estes dois parâmetros. Esse fato pode ser devido à diferença de metodologia aplicada, pois, Kolm *et al.* (1997) e Miquelante (2007) utilizaram o método de ignição. O fato de as bactérias heterotróficas utilizarem matéria orgânica como fonte de alimento sugere que esse método seja mais adequado. Com relação aos teores de carbonato de cálcio observados, valores mais baixos foram encontrados na região do supra-litoral e mais elevados no infra-litoral. Isso deve estar relacionado com a presença de maiores quantidades de conchas, detritos de conchas e material biogênico que puderam ser observadas nas análises granulométricas dessas estações.

A menor proporção de sedimentos finos (silte e argila), matéria orgânica e maior tamanho médio dos grãos está diretamente relacionada ao aumento de frequência e energia das ondas, que por sua vez, é provocada pela intensidade dos ventos (SOUZA, 1991). O teor de areia registrado em todas as coletas, em todos os pontos variou entre 99 e 100%, e o teor de silte entre 0 e 1%, o que mostra que a região é altamente influenciada pela energia das ondas e dos ventos. Entretanto o PCA mostrou que os valores de areia foram maiores nas estações próximas da linha d'água devido à alta influência da energia das ondas. Estas, por sua vez também influenciaram nos baixos valores de bactérias heterotróficas totais, coliformes totais e *E. coli*.

Segundo Soares *et al.* (1997), o clima subtropical úmido é caracterizado por verões quentes e com as maiores precipitações do ano. Durante o período estudado, as maiores precipitações, tanto nas 72h quanto nas 24 h que antecederam a coleta,

foram observadas em fevereiro de 2009 e as menores em janeiro do mesmo ano. Valores opostos foram registrados para a radiação solar. Da mesma forma as maiores quantidades de bactérias heterotróficas totais foram registradas, principalmente no transecto A, em janeiro. Tais resultados mostram que, por um lado, neste período os sedimentos superficiais foram menos "lavados" pela chuva, propiciando assim o desenvolvimento de bactérias e por outro, que estas são resistentes à alta incidência de radiação solar. Estes resultados são opostos aos descritos por Tortora<sup>1</sup> *et al.* (2002) apud Andraus (2006) que sugerem que a sobrevivência das bactérias no solo superficial diminui devido à dessecação, à temperatura alta e à incidência da radiação ultravioleta (UV). Por outro lado, eles coincidem com observações feitas por Miquelante (2007) que observou que em linhas gerais as bactérias heterotróficas totais e sua biomassa foram mais elevadas nas temperaturas maiores. Observações feitas por DeFlaun; Mayer (1983) sugerem que temperaturas mais altas, por propiciar o aumento das taxas de reprodução, podem ser relacionadas com o acréscimo desses microrganismos. Segundo Odebrecht; Abreu (1997), a rápida reprodução celular, geralmente medida em horas, significa que as populações podem ser substituídas em pouco tempo. Do mesmo modo, baixas temperaturas reduzem o metabolismo e induzem à dormência na população bacteriana (DeFLAUN; MAYER, 1983). É importante ressaltar ainda que as menores quantidades de bactérias heterotróficas totais e de biomassa bacteriana foram registradas nas estações 4. Segundo Rheinheimer (1987) a quantidade de bactérias é inversamente relacionada com o tamanho dos grãos. Desta forma, a maior quantidade de areia e a menor de silte e a energia das ondas que lavam continuamente os grãos retirando deles as bactérias aderidas, devem ter sido os agentes causadores da redução bacteriana na estação 4.

Os valores bacterianos e de sua biomassa mais elevados no transecto A que no B, se devem principalmente a altos valores encontrados na estação 1, entre novembro de 2008 e janeiro de 2009. Nesta região, por tratar-se de uma área vegetada, diferenças sutis na hora da coleta podem ter levado a grandes variedades do número de bactérias. Sugere-se, portanto, que futuramente seja feita uma pesquisa que, entre outros, leve em consideração o tipo de vegetação, distância do local das raízes, quantidade de serrapilheira e quantidade de umidade em

---

<sup>1</sup> TORTORA, G. I.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 1465p.

microambientes.

A concentração de coliformes totais e da *E. coli* foi visivelmente maior em novembro e janeiro, ambos na estação 2 do transecto B. Novembro e janeiro foram os meses com menores níveis de pluviosidade das últimas 72 horas antes da coleta, fato este que pode estar relacionado com a abundância de coliformes já que altos níveis pluviométricos lavam o sedimento superficial. Além disso, a estação 2 está localizada na região de última preamar, onde matéria orgânica e detritos ficam retidos. Observou-se durante a realização da coleta de janeiro, a presença de muitas gaivotas, cachorros e banhistas, o que também pode ter influenciado no resultado.

De um modo geral, a densidade de bactérias heterotróficas totais, biomassa bacteriana, coliformes totais e *E. coli*, apresentaram valores mais elevados em janeiro, mês em que houve maior intensidade da radiação solar. Este fato mostra que não houve uma relação negativa como descrito por outros autores (WHO, 1998). Provavelmente, os altos valores bacterianos, registrados em janeiro, se devem à densidade populacional que aumenta significativamente na alta temporada, e ao maior aporte de esgotos provenientes de casas dos balneários de Ipanema e do Olho d'Água que, em parte, ainda são despejados diretamente na gamboa.

Como, não há legislação brasileira que considere limites de microorganismos estabelecidos para sedimentos, e diante da ausência de estudos prévios de sedimentos da área estudada (desembocadura do canal do Olho d'Água), é possível apenas fazer algumas observações e especulações. Miquelante (2005) encontrou valores mais elevados de coliformes totais (com um máximo de 5000 NMP/mL) na coluna d'água a 100m ao sul da desembocadura do canal do Olho d'Água em dezembro de 2003 e dezembro de 2004, e valores menores a 200m ao norte da desembocadura. Ao compararmos esses resultados com os aqui obtidos, podemos verificar que os maiores valores de coliformes totais foram registrados geralmente no transecto B (localizado também a 100m ao sul do canal). Esse fato mostra que há uma relação direta entre a quantidade de microorganismos encontrados na água e na areia.

De acordo com a Associação Bandeira Azul da Europa (ABAE, 2002), o valor máximo admissível estabelecido de coliformes totais é de 100 NMP/g de areia, e de *E. coli* é de 20 NMP/g de areia. Se esse padrão fosse adotado aqui, em praias brasileiras, a praia do Olho d'Água seria considerada imprópria ou de má qualidade nas seguintes estações: 1 e 2, dos transectos B em novembro e janeiro; 1 do

transecto B em dezembro; 4 do transecto A e 1, 3 e 4 do transecto B em fevereiro; e, 1 e 3 do transecto A e 2 do transecto B em março. Podemos notar que em todo o período estudado, haveria uma ou mais estações com valores acima do recomendável principalmente no transecto B.

## 8. CONCLUSÃO

Os resultados aqui obtidos evidenciam que os sedimentos superficiais em praias arenosas podem servir como um reservatório de bactérias indicadoras de poluição fecal (*Escherichia coli*) principalmente no período de maior demanda turística, pois valores muito elevados foram registrados no final de novembro e início de janeiro. Portanto, torna-se necessária a implementação de programas de monitoramento não apenas da água (balneabilidade), mas de sedimentos, para garantir que a população não esteja sujeita a algum tipo de contaminação bacteriana enquanto utiliza a praia. Levando-se em consideração que grande parte dos frequentadores das praias (principalmente crianças) estão expostos à areia, porque estão geralmente descalços e com pouca roupa, esse contato prolongado com areias contaminadas também pode oferecer riscos à sua saúde.

## 9. REFERÊNCIAS

ALONGI, D. M. The role of bacteria in nutrient recycling in tropical mangrove and other coastal benthic ecosystems. *Hydrobiologia*. 1994. v. 285, p. 19-32.

ANDRAUS, S. **Aspectos microbiológicos da qualidade sanitária das águas do mar e areias das praias de Matinhos, Caiobá e Guaratuba-PR**. 108p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências do Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Brasil. 2006.

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. Washington: APHA. 1995. 15 ed., p. 1260.

- ASSOCIAÇÃO BANDEIRA AZUL DA EUROPA. **Qualidade microbiológica de areias de praias litorais; relatório final. Relatório técnico.** Instituto do Ambiente. Alfragide. 2002. 57p. Disponível em <<http://abae.pt/bandeira/relatorio-final-areias.pdf>> Acesso em: 10 de setembro de 2009.
- AZAM, F., FENCHEL, T., FIELD, J. G., GRAY, J. S., MEYER-REIL, L. A., THINGSTAD, F. The ecological role of water-column microbes in the sea. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 1983. v.10, p. 257-263.
- BAIRD, C. **Química Ambiental.** 2ª Edição. Porto Alegre, Brasil: Editora Bookman, Tradução: Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2002.
- BEVERSDORF, L. J.; BORNSTEIN-FORST, S. M.; MCLELLAN, S. L. The potential for beach sand to serve as a reservoir for *Escherichia coli* and the physical influences on cell die-off. **J. Appl. Microbiol.** 2006. p. 1-10.
- BJØRNSSEN, P. K. & KUPARINEN, A. 1991. Determination of bacterioplankton biomass, net production and growth efficiency in the southern ocean. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 71: 185-194. In: DELILE, D. ; FIALA, M. & RAZOULS. S. Seasonal changes in bacterial and phytoplankton biomass in a subantarctic coastal area (Kerguelen Islands). **Hydrobiologia.** 1996. v. 330, p. 143-150.
- BOUKAI, N. **Qualidade sanitária da areia das praias no município do Rio de Janeiro: diagnóstico e estratégia para monitoramento e controle.** 46p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Brasil. 2005.
- BRICKER, S. B.; FERREIRA, J. G.; SIMAS, T. An integrate methodology for assessment of estuarine trophic status. **Ecological Modelling,** 2003. v. 169, p. 39-60.
- CAMARGO, M. G. **SYSGRAM para Windows: sistema de análises granulométricas.** Pontal do Paraná, Paraná. Brasil. 1999.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO nº. 274 de 29 de novembro de 2000. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil,** Brasília, DF, 2000.
- COSTAGLIOLA, M. Bacterias marinas. In: BOSCHI, E. E.; COUSSEAU, M. B. (eds). **La vida entre mareas: vegetales y animales de las costas de Mar del Plata, Argentina.** 1ed. Instituto Nacional de Investigacion y Desarrollo Pesquero. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y alimentos, Mar del Plata, República Argentina.

Mar del Plata: INIDEP. 2004.

COWAN, J. L. W.; PENNOCK, J. R.; BOYNTON, W. R. Seasonal and interannual patterns of sediment-water nutrient and oxygen fluxes in Mobile Bay, Alabama (USA): regulating factors and ecological significance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1996. v. 141, p. 229-245.

CRABILL, C.; DONALD, R.; SNELLING, J.; FOUST, R.; SOUTHAM, G. The impact of sediment fecal coliform reservoirs on seasonal water quality in Oak Creek, Arizona. *Water Research.* 1999. v. 33, n. 9, p. 2163-2171.

CRAPEZ, M. A. C. *in* *Biologia Marinha*, PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (organizadores). Rio de Janeiro: *Interciência*, 2002. c. 5, p. 83-101.

CRAPEZ, M. A. C.; SILVA, F. S.; PEREIRA, D. C.; NUÑES, L. S.; KREPSK, N.; FONTANA, F.; NETO, J. A. B. Bacteriological study of the superficial sediments of Guanabara Bay, RJ, Brazil. *Braz. J. Ocean.* 2008. v. 56, n. 1, p. 13-22.

DEFLAUN, M. F.; MAYER, L. M. Relationships between bacteria and grain surfaces in intertidal sediments. *Limnol. Oceanogr.* 1983. v. 28, p. 873-881.

GRIFFIN, D. W.; LIPP, E. K.; McLAUGHLIN, M. R.; ROSE, J. B. Marine recreation and public health microbiology: quest for the ideal indicator. *BioScience*, 2001. v. 51, n. 10, p. 817-825.

KÖHLER, V. B. *Estudo de Geomorfologia Costeira – De Pontal do Sul à Praia de Leste / PR.* São Paulo. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. Brasil. 1996.

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.* 1994. v. 37, n. 2, p. 391-402.

KOLM, H. E., ANDRETTA, L. 2003. Bacterioplankton in different tides of the Perequê tidal creek, Pontal do Paraná, Paraná, Brazil. *Braz. J. of Microbiol.* v.34, n.2, p. 97-103.

KOLM, H. E.; GIAMBERARDINO FILHO, R. E. & KORMANN, M. C. Spatial distribution and temporal variability of heterotrophic bacteria in the sediments of

- Paranaguá and Antonina Bays, Paraná, Brazil. *Rev. Microbiol.* 1997. v. 28, n. 4, p. 230-238.
- LEE, C. M.; LIN, T. Y.; LIN, C.; KOHBODI, G. A.; BHATT A.; LEE, R.; JAY, J. A. Persistence of fecal indicator bacteria in Santa Monica Bay beach sediments. *Water Research*, 2006. v. 40, p. 2593 – 2602.
- MANFIO, G. P. Projeto Estratégia Nacional de Diversidade Biológica (BRA 97 G 31), MMA/GEF/PNUD. **Avaliação do Estado Atual do Conhecimento Sobre a Diversidade Microbiana no Brasil.** 80p. Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA). Divisão de Recursos Microbianos. Universidade Estadual de Campinas. 2003.
- MARTINEZ-MANZANARES, E.; MORINIGO, M. A.; CASTRO, D.; BALEBONA, M. G.; SANCHEZ, J. M.; BORREGO, J. J. Influence of faecal pollution of marine sediments on the microbial content of shellfish. *Mar. Pollution Bull.* 1992. v. 24, n. 7, p. 342-349.
- MEYER-REIL, L. Microbial life in sedimentary biofilms – the challenge to microbial ecologist. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1994. v. 112, p. 303-311.
- MIQUELANTE, F. A. **Influência da maré sobre a variabilidade de coliformes totais e fecais na desembocadura da gamboa Olho d'Água, Paraná, Brasil.** 26p. Relatório do EVINCI (Evento de Iniciação Científica). Universidade Federal do Paraná. Brasil. 2005.
- MIQUELANTE, F. A. **Distribuição espaço-temporal de bactérias heterotróficas totais, coliformes totais e *Escherichia coli* em sedimentos superficiais da região entre-marés da Ilha do Mel, Paraná (BR).** 77p. Monografia (Bacharel em Oceanografia) – Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Pontal do Sul. Brasil. 2007.
- NEILL, M. Microbiological Indices for total coliform and *E. coli* bacteria in estuarine waters. *Mar. Pollution Bull.* 2004. v. 49, p. 752-760.
- OBIRI-DANSO, K.; JONES, K. Intertidal sediments as reservoirs for hippurate negative Campylobacters, Salmonellae and faecal indicators in three EU recognised bathing waters in north west England. *Water Research.* 2000. v. 34, n. 2, p. 519-527.
- OLIVEIRA, A. J. F. C.; PINTO, A. B.; SIQUEIRA, V. P.; FRANÇA, P. T. R.; SAMICO, M. L.; PINHATA, J. M. W.; FONTES, R. F. C. **Densidade de *Escherichia coli* e de *Enterococcus* sp. em areias de praias do Município de São Vicente, Estado de**

**São Paulo, e sua relação com a qualidade de águas recreacionais marinhas.** XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar – Florianópolis. Livro de resumos. 2007. p. 274

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. 173p.

PELCZAR, M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. **Microbiologia: Conceitos e Aplicações.** v. 1, 2. ed., Pearson Makron Books, São Paulo, 1997. p. 100-139.

PELCZAR, M.; REID, R.; CHAN, E. C. S. **Microbiologia.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 1981. p. 695-697 e p. 902-903.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha.** Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda. 2002. p. 382.

QUADROS, C. J. L. **Variações morfológicas e volumétricas associadas à incidência de sistemas frontais em duas praias arenosas do litoral paranaense.** Curitiba. Tese (Mestrado em Geologia) – Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Brasil. 2002.

RHEINHEIMER, G. **Microbiologia de las aguas.** Ed. Acribia, Zaragoza, Espanha: 1987. p. 299.

RUSS, C. F.; YANKO, W. A. Factors affecting *Salmonellae* repopulation in composted sludges. **Appl. Environ. Microbiol.** 1981. v. 41, p. 597-602.

SANTOS, P.R.N. de M. dos.; KOLM H.E. & SAUTTER, K.D. Bactérias em sedimentos da região entre-marés da Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.** 2008. v. 2, n. 1, p. 9-17.

SCHLEGEL, H. G. **General Microbiology.** 7 ed. [s. l.]: Cambridge University Press. 1993. p. 655.

ŠESTANOVIĆ, S.; ŠOLIĆ, M.; KRSTULOVIĆ, N.; BOGNER, D. Volume, abundance and biomass of sediment bacteria in the eastern mid Adriatic Sea. **Acta Adriat.** 2005. v. 46, n. 2, p. 177-191.

SIQUEIRA, A. **Componentes estruturais biótico e abiótico e caracterização do grau de trofia de gamboas do litoral sul do Paraná, Brasil.** 126p. Tese de

doutorado. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. Brasil. 2006.

SOARES, C. R.; ANGULO, R. J. & LESSA, G. C. **Roteiro de excursão ao litoral do estado do Paraná. Morfodinâmica de ambientes atuais, evolução da planície durante o quaternário e problemas de erosão costeira.** In: Congresso da associação brasileira de estudos do quaternário e reunião sobre o quaternário da América do Sul. Anais. Curitiba. 1997. p. 1-127.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia.** São Paulo: Edgard Blücher: EDUSP. 1973. 317p.

UNDERWOOD, A. J. **Experiments in ecology: Logical design and interpretation using analysis of variance.** Cambridge University Press, Cambridge. 1997. 496p.

WEISE, W.; RHEINHEIMER, G. Scanning electron microscopy and epifluorescence investigation of bacterial colonization of marine sand sediments. **Microbiol. Ecol.** 1978. v. 4, 175-188.

WHITMAN, R.; NEVERS, M. Foreshore sand as a source of *Escherichia coli* in nearshore water of a Lake Michigan Beach. **Appl. Environ. Microbiol.** 2003. v. 69, n. 9, p. 5555-5562.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION, Regional Office for Europe. **Development of WHO Guidelines for Safe Recreational Water Environments.** Report on a WHO Expert Consultation. St Helier, Jersey, United Kingdom, 23-30 May 1997. Disponível em <<http://www.euro.who.int/document/e58484.pdf>> Acesso em: 28 de agosto de 2009.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for safe recreational water environments.** v.1. Coastal and fresh waters, Chapter 6: "Microbiological Aspects of Beach Quality". 2003. Disponível em <[http://www.usla.org/PublicInfo/library/WHO\\_Guidelines\\_for\\_Safe\\_Recreational\\_Water\\_Environments%20.pdf](http://www.usla.org/PublicInfo/library/WHO_Guidelines_for_Safe_Recreational_Water_Environments%20.pdf)> Acesso em: 28 de agosto 2009.

WOESE, C. R.; KANDLER, O. & WHEELIS, M. L. **Towards a natural system of organisms: proposal for the domains *Archaea*, *Bacteria*, and *Eucarya*.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 87: 1990. p. 4576-4579.

YAMAMOTO, N.; LOPEZ, G. Bacterial abundance in relation to surface area and organic content of marine sediments. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 1985. v. 90, p. 209-220.

# ANEXOS

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos obtidos em cada ponto amostral em novembro. Temperatura do sedimento (Temp), salinidade e potencial hidrogeniônico (pH).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	Temp (°C)	Salinidade	pH
Novembro	A	1	1	25	5	7,87
			2	25	6	7,66
		2	1	25	16	7,99
			2	25	17	8,03
		3	1	25	28	7,76
			2	24,5	28	8,03
		4	1	23,5	36	8,24
			2	24	35	8,33
	B	1	1	24	5	9,19
			2	24	1	8,82
		2	1	25	24	7,77
			2	24,5	20	7,82
		3	1	24	24	8,02
			2	24	24	8,15
		4	1	23	33	8,16
			2	22,5	35	8,27

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos obtidos em cada ponto amostral em dezembro. Temperatura do sedimento (Temp), salinidade e potencial hidrogeniônico (pH).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	Temp (°C)	Salinidade	pH
Dezembro	A	1	1	26	12	8,16
			2	28	14	7,94
		2	1	25	15	8
			2	25	15	8
		3	1	25,5	21	7,96
			2	25	24	7,99
		4	1	25	34	8,29
			2	25	35	8,39
	B	1	1	24	4	9,14
			2	24	4	8,6
		2	1	23,5	15	7,83
			2	23,5	15	7,93
		3	1	24	29	7,7
			2	24	27	7,67
		4	1	25	34	8,34
			2	25	34	8,45

Tabela 3: Parâmetros físico-químicos obtidos em cada ponto amostral em janeiro.  
Temperatura do sedimento (Temp), salinidade e potencial hidrogeniônico (pH).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	Temp (°C)	Salinidade	pH
Janeiro	A	1	1	32	9	8,12
			2	31	9	8,23
		2	1	31	15	7,79
			2	32	16	8,17
		3	1	30,5	25	7,98
			2	30,5	25	7,97
		4	1	28	35	8,24
			2	28	35	8,28
	B	1	1	29	5	7,71
			2	29	6	7,71
		2	1	29	23	7,91
			2	29	24	7,93
		3	1	29	26	7,76
			2	30	27	7,86
		4	1	30	35	8,32
			2	30	35	8,24

Tabela 4: Parâmetros físico-químicos obtidos em cada ponto amostral em fevereiro.  
Temperatura do sedimento (Temp), salinidade e potencial hidrogeniônico (pH).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	Temp (°C)	Salinidade	pH
Fevereiro	A	1	1	25	5	7,73
			2	25	6	7,87
		2	1	25	6	7,84
			2	25	6	7,82
		3	1	25	14	9,09
			2	25	15	8,12
		4	1	26	25	8,27
			2	26	27	8,31
	B	1	1	25	0	8,11
			2	25	1	7,76
		2	1	26	5	7,72
			2	26	5	7,88
		3	1	25	5	7,48
			2	25	5	7,46
		4	1	26	26	8,17
			2	26	10	7,43

Tabela 5: Parâmetros físico-químicos obtidos em cada ponto amostral em março. Temperatura do sedimento (Temp), salinidade e potencial hidrogeniônico (pH).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	Temp (°C)	Salinidade	pH
Março	A	1	1	28	7	7,63
			2	29	7	7,71
		2	1	29	8	7,72
			2	29	8	7,69
		3	1	28	14	8,14
			2	28	15	8,19
		4	1	27	28	8,11
			2	27	27	8,06
	B	1	1	26	8	8,11
			2	27	7	7,66
		2	1	26	7	7,85
			2	27	7	7,83
		3	1	27	35	7,67
			2	26,5	34	7,65
		4	1	26	35	8,28
			2	27	34	8,21

Tabela 6: Parâmetros físico-químicos obtidos em cada ponto amostral ao longo dos meses amostrados. Porcentagem de: umidade, matéria orgânica (M.O.), carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), areia e silte.

Mês	Transecto	Estação	Umidade	M.O.	$\text{CaCO}_3$	Areia	Silte
Novembro	A	1	1,9952	2,3796	2,4172	99,89	0,1125
		2	16,3767	3,3515	2,1874	99,96	0,04356
		3	15,561	1,7623	1,9913	99,96	0,04177
		4	16,4492	1,0223	1,4388	99,58	0,4171
	B	1	15,403	1,6622	1,1357	99,96	0,03686
		2	17,3048	1,7872	0,8012	99,91	0,08785
		3	17,3613	0,8601	1,5639	99,96	0,03639
		4	16,1978	0,8616	1,2872	100	0
Dezembro	A	1	1,6292	2,1207	1,9982	99,99	0,008088
		2	14,0984	3,2954	2,894	99,96	0,04239
		3	18,0433	4,6115	3,2244	99,98	0,0221
		4	16,9299	3,26	3,4373	99,9	0,1016
	B	1	18,4753	1,6659	0,6567	99,96	0,04344
		2	16,6766	0,5742	1,4013	99,96	0,04477
		3	17,5944	1,7234	2,2284	99,93	0,06595
		4	16,5503	4,5117	3,0737	99,98	0,02083
Janeiro	A	1	1,9398	0,0776	1,1498	99,85	0,1464
		2	7,9574	3,7966	2,2819	99,85	0,1515
		3	18,9791	6,0142	2,8926	100	0
		4	19,2325	0,1382	2,5244	100	0
	B	1	18,9445	1,0555	1,5585	99,85	0,1525
		2	17,5422	1,1032	1,9795	99,86	0,1401
		3	18,455	1,2174	1,7004	100	0
		4	16,139	1,0992	1,6691	100	0
Fevereiro	A	1	6,569	1,8801	1,6734	99,7	0,3041
		2	19,414	3,7991	1,3921	99,75	0,2511
		3	19,4676	3,2188	2,5307	99,79	0,2102
		4	19,705	3,4484	3,0968	100	0
	B	1	18,4772	0,6068	0,8663	99,87	0,1273
		2	19,4915	0,3735	1,265	99,94	0,05645
		3	17,7762	0,2331	0,9878	99,96	0,03938
		4	17,3571	0,1423	0,6987	99,95	0,04799
Março	A	1	6,7677	1,2886	0,6488	99,84	0,1636
		2	7,3407	0,956	0,913	99,88	0,1174
		3	18,7124	1,3066	1,3044	100	0
		4	19,1681	1,1789	1,1192	100	0
	B	1	3,877	0,0987	0,1867	99,92	0,08457
		2	1,9918	0,3534	0,1538	99,88	0,1201
		3	15,9586	0,8174	0,9637	99,97	0,03463
		4	20,3468	1,0206	0,8377	99,99	0,006649

Tabela 7: Parâmetros biológicos obtidos em cada ponto amostral em novembro. Bactérias heterotróficas totais  $\times 10^3$  em cell/g sed seco (BH), biomassa bacteriana em  $\mu\text{g C/g}$  sed seco (BB), coliformes totais em NMP/g sed seco (CT) e *Escherichia coli* em NMP/g sed seco (EC).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	BH	BB	CT	EC
Novembro	A	1	1	1870,60	50,65	2,47	1,34
			2	2836,68	102,57	24,65	4,38
		2	1	1127,41	68,16	15,01	1,75
			2	1373,71	38,93	13,26	2,21
		3	1	2720,16	66,78	52,78	0,12
			2	934,68	35,46	0,11	0,11
		4	1	1074,78	26,96	0,29	0,07
			2	693,58	16,87	0,29	0,07
	B	1	1	1764,69	44,06	144,85	4,51
			2	1817,56	40,57	59,59	5,09
		2	1	1634,68	72,87	396,24	396,24
			2	651,27	28,72	402,97	165,43
		3	1	896,13	29,50	1,58	0,07
			2	1094,46	28,09	1,28	0,06
		4	1	743,97	21,48	1,19	0,21
			2	869,31	44,18	1,10	0,21

Tabela 8: Parâmetros biológicos obtidos em cada ponto amostral em dezembro. Bactérias heterotróficas totais  $\times 10^3$  em cell/g sed seco (BH), biomassa bacteriana em  $\mu\text{g C/g}$  sed seco (BB), coliformes totais em NMP/g sed seco (CT) e *Escherichia coli* em NMP/g sed seco (EC).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	BH	BB	CT	EC
Dezembro	A	1	1	3734,26	188,27	67,09	0,10
			2	2517,66	87,33	91,78	0,11
		2	1	1434,91	60,03	9,39	2,90
			2	2221,17	61,54	5,64	0,96
		3	1	1415,03	21,79	1,76	0,47
			2	2115,00	51,53	3,66	0,49
		4	1	1335,39	27,87	1,70	0,06
			2	1103,18	17,20	2,02	0,06
	B	1	1	1260,74	25,66	184,15	0,31
			2	2364,66	63,33	208,27	0,09
		2	1	1172,73	26,42	3,60	0,73
			2	1274,39	18,95	9,65	0,71
		3	1	1909,28	31,68	18,30	8,12
			2	1343,96	26,64	1,23	0,20
		4	1	1262,57	27,55	1,20	0,14
			2	1167,79	28,30	2,52	0,06

Tabela 9: Parâmetros biológicos obtidos em cada ponto amostral em janeiro. Bactérias heterotróficas totais x 10<sup>3</sup> em cell/g sed seco (BH), biomassa bacteriana em µg C/g sed seco (BB), coliformes totais em NMP/g sed seco (CT) e *Escherichia coli* em NMP/g sed seco (EC).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	BH	BB	CT	EC
Janeiro	A	1	1	3181,44	98,75	4,70	0,26
			2	4785,69	226,40	48,24	0,08
		2	1	3408,65	173,32	42,06	0,59
			2	3408,65	164,86	1,78	0,08
		3	1	2737,91	60,38	0,54	0,07
			2	3239,68	120,73	0,94	0,07
		4	1	2308,81	56,37	0,30	0,07
			2	1411,55	52,92	0,53	0,07
	B	1	1	1210,27	50,00	107,44	19,86
			2	1101,24	44,04	173,06	111,09
		2	1	1639,84	31,29	404,10	404,10
			2	1425,48	70,13	371,16	371,16
		3	1	1160,87	33,83	5,31	0,64
			2	2766,57	73,98	8,35	1,14
		4	1	1148,71	19,84	3,54	0,92
			2	1190,86	15,27	2,55	0,60

Tabela 10: Parâmetros biológicos obtidos em cada ponto amostral em fevereiro. Bactérias heterotróficas totais x 10<sup>3</sup> em cell/g sed seco (BH), biomassa bacteriana em µg C/g sed seco (BB), coliformes totais em NMP/g sed seco (CT) e *Escherichia coli* em NMP/g sed seco (EC).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	BH	BB	CT	EC
Fevereiro	A	1	1	964,83	34,32	26,34	17,03
			2	1078,34	52,56	17,75	0,70
		2	1	2917,19	82,33	52,35	3,09
			2	1952,10	145,06	56,58	2,98
		3	1	1251,06	49,05	25,16	1,04
			2	680,40	21,89	39,87	1,48
		4	1	550,33	37,11	142,88	4,45
			2	484,29	31,65	53,83	3,22
	B	1	1	1907,99	80,44	174,97	13,45
			2	1539,40	54,14	183,51	3,41
		2	1	1009,92	24,85	95,60	15,79
			2	2041,80	73,73	97,73	12,40
		3	1	1784,24	59,96	185,45	55,72
			2	1139,33	55,39	171,08	29,41
		4	1	1411,60	51,18	171,42	43,44
			2	1219,11	63,93	176,91	23,80

Tabela 11: Parâmetros biológicos obtidos em cada ponto amostral em março. Bactérias heterotróficas totais  $\times 10^3$  em cell/g sed seco (BH), biomassa bacteriana em  $\mu\text{g C/g sed seco}$  (BB), coliformes totais em NMP/g sed seco (CT) e *Escherichia coli* em NMP/g sed seco (EC).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	BH	BB	CT	EC
Março	A	1	1	2161,28	46,21	198,95	0,16
			2	1649,40	64,44	36,07	0,27
		2	1	1526,07	58,11	95,08	11,11
			2	1869,43	79,56	58,54	8,12
		3	1	3609,58	107,61	165,28	1,09
			2	2457,12	69,20	142,92	3,51
		4	1	677,88	24,48	91,16	6,55
			2	765,35	10,62	41,19	2,81
	B	1	1	1158,47	32,66	58,73	0,56
			2	1213,64	45,89	21,37	0,75
		2	1	883,70	40,45	78,39	13,44
			2	1677,23	54,09	148,41	11,07
		3	1	1240,88	38,89	1,18	0,07
			2	1409,14	46,17	2,15	0,21
		4	1	932,01	25,93	2,67	0,07
			2	687,91	26,65	1,90	0,07

Tabela 12: Parâmetros meteorológicos obtidos por ponto amostral em novembro. Pluviosidade (em mm) das 24 horas anteriores à coleta (Pluv.24h), pluviosidade (em mm) das 72 horas anteriores à coleta (Pluv. 72h) e radiação solar (em  $\text{W/m}^2$ ) durante a coleta (Rad.).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	Pluv.24h	Pluv.72h	Rad.
Novembro	A	1	1	5,2	14,2	217,5
			2	5,2	14,2	217,5
		2	1	5,2	14,2	217,5
			2	5,2	14,2	217,5
		3	1	5,2	14,2	222
			2	5,2	14,2	222
		4	1	5,2	14,2	222
			2	5,2	14,2	222
	B	1	1	5,2	14,2	217,5
			2	5,2	14,2	217,5
		2	1	5,2	14,2	222
			2	5,2	14,2	222
		3	1	5,2	14,2	222
			2	5,2	14,2	222
		4	1	5,2	14,2	222
			2	5,2	14,2	222

Tabela 13: Parâmetros meteorológicos obtidos por ponto amostral em dezembro. Pluviosidade em mm das 24 horas anteriores à coleta (Pluv.24h), pluviosidade em mm das 72 horas anteriores à coleta (Pluv. 72h) e radiação solar em  $W/m^2$  durante a coleta (Rad.).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	Pluv.24h	Pluv.72h	Rad.
Dezembro	A	1	1	3	29,8	530,8
			2	3	29,8	530,8
		2	1	3	29,8	440,4
			2	3	29,8	440,4
		3	1	3	29,8	440,4
			2	3	29,8	440,4
		4	1	3	29,8	440,4
			2	3	29,8	530,8
	B	1	1	3	29,8	440,4
			2	3	29,8	440,4
		2	1	3	29,8	440,4
			2	3	29,8	440,4
		3	1	3	29,8	440,4
			2	3	29,8	440,4
		4	1	3	29,8	440,4
			2	3	29,8	440,4

Tabela 14: Parâmetros meteorológicos obtidos por ponto amostral em janeiro. Pluviosidade (em mm) das 24 horas anteriores à coleta (Pluv.24h), pluviosidade (em mm) das 72 horas anteriores à coleta (Pluv. 72h) e radiação solar em ( $W/m^2$ ) durante a coleta (Rad.).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	Pluv.24h	Pluv.72h	Rad.
Janeiro	A	1	1	0,8	0,8	853
			2	0,8	0,8	853
		2	1	0,8	0,8	736
			2	0,8	0,8	736
		3	1	0,8	0,8	736
			2	0,8	0,8	736
		4	1	0,8	0,8	736
			2	0,8	0,8	853
	B	1	1	0,8	0,8	736
			2	0,8	0,8	736
		2	1	0,8	0,8	736
			2	0,8	0,8	736
		3	1	0,8	0,8	736
			2	0,8	0,8	736
		4	1	0,8	0,8	853
			2	0,8	0,8	853

Tabela 15: Parâmetros meteorológicos obtidos por ponto amostral em fevereiro. Pluviosidade (em mm) das 24 horas anteriores à coleta (Pluv.24h), pluviosidade (em mm) das 72 horas anteriores à coleta (Pluv. 72h) e radiação solar (em W/m<sup>2</sup>) durante a coleta (Rad.).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	Pluv.24h	Pluv.72h	Rad.
Fevereiro	A	1	1	17,4	36,2	101,1
			2	17,4	36,2	101,1
		2	1	17,4	36,2	101,1
			2	17,4	36,2	101,1
		3	1	17,4	36,2	101,1
			2	17,4	36,2	101,1
		4	1	17,4	36,2	120,7
			2	17,4	36,2	120,7
	B	1	1	17,4	36,2	101,1
			2	17,4	36,2	101,1
		2	1	17,4	36,2	101,1
			2	17,4	36,2	101,1
		3	1	17,4	36,2	101,1
			2	17,4	36,2	101,1
		4	1	17,4	36,2	120,7
			2	17,4	36,2	120,7

Tabela 16: Parâmetros meteorológicos obtidos por ponto amostral em março. Pluviosidade (em mm) das 24 horas anteriores à coleta (Pluv.24h), pluviosidade (em mm) das 72 horas anteriores à coleta (Pluv. 72h) e radiação solar em (W/m<sup>2</sup>) durante a coleta (Rad.).

Mês	Transecto	Estação	Réplica	Pluv.24h	Pluv.72h	Rad.
Março	A	1	1	4,6	27,2	276,7
			2	4,6	27,2	276,7
		2	1	4,6	27,2	276,7
			2	4,6	27,2	276,7
		3	1	4,6	27,2	276,7
			2	4,6	27,2	276,7
		4	1	4,6	27,2	276,7
			2	4,6	27,2	276,7
	B	1	1	4,6	27,2	293,6
			2	4,6	27,2	293,6
		2	1	4,6	27,2	293,6
			2	4,6	27,2	293,6
		3	1	4,6	27,2	293,6
			2	4,6	27,2	293,6
		4	1	4,6	27,2	293,6
			2	4,6	27,2	293,6

Tabela 17: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a temperatura pelos meses estudados.

Temperatura	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
Nov	-----	0,422553	0,000123	0,013485	0,000123
Dez		-----	0,000123	0,535497	0,000123
Jan			-----	0,000123	0,000123
Fev				-----	0,000124
Mar					-----

Tabela 18: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a salinidade pelos meses estudados.

Salinidade	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
Nov	-----	0,999991	0,999591	0,041094	0,890731
Dez		-----	0,998420	0,050652	0,919784
Jan			-----	0,023251	0,792297
Fev				-----	0,296395
Mar					-----

Tabela 18: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a salinidade pelas estações de coleta.

Salinidade	1	2	3	4
1	-----	0,002960	0,000148	0,000148
2		-----	0,000318	0,000148
3			-----	0,000253
4				-----

Tabela 190: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando o pH pelas estações de coleta.

pH	1	2	3	4
1	-----	0,174756	0,437131	0,563697
2		-----	0,945337	0,006530
3			-----	0,031205
4				-----

Tabela 201: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de bactérias heterotróficas totais pelos meses estudados.

Bact. het. totais	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
Nov	-----	0,7431517	0,023569	1,000000	0,994618
Dez		-----	0,344936	0,721013	0,925103
Jan			-----	0,021228	0,066480
Fev				-----	0,992379
Mar					-----

Tabela 212: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de bactérias heterotróficas totais pelas estações de coleta.

Bact. het. totais	1	2	3	4
1	-----	0,691952	0,832370	0,001568
2		-----	0,994406	0,038378
3			-----	0,019637
4				-----

Tabela 223: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de bactérias heterotróficas totais pelos transectos.

Bact. het. totais	A	B
A	-----	0,001811
B	-----	-----

Tabela 24: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de biomassa bacteriana pelas estações de coleta.

Biomassa bacteriana	1	2	3	4
1	-----	0,994548	0,325016	0,005618
2	-----	-----	0,465622	0,011755
3	-----	-----	-----	0,328324
4	-----	-----	-----	-----

Tabela 25: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de biomassa bacteriana totais pelos transectos.

Biomassa bacteriana	A	B
A	-----	0,001488
B	-----	-----

Tabela 26: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de coliformes totais pelas estações de coleta.

Coliformes totais	1	2	3	4
1	-----	0,812155	0,330468	0,228321
2	-----	-----	0,055234	0,031723
3	-----	-----	-----	0,996304
4	-----	-----	-----	-----

Tabela 27: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de coliformes totais pelos transectos.

Coliformes totais	A	B
A	-----	0,004655
B	-----	-----

Tabela 28: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de *Escherichia coli* pelas estações de coleta.

<i>E. coli</i>	1	2	3	4
1	-----	0,041903	0,998219	0,996780
2	-----	-----	0,026739	0,024190
3	-----	-----	-----	0,999984
4	-----	-----	-----	-----

Tabela 29: Teste "post hoc" de Tukey HSD analisando a densidade de *Escherichia coli* pelos transectos.

<i>E. coli</i>	A	B
A	-----	0,016663
B		-----