

# MONITORAMENTO DA POLUIÇÃO DA ÁGUA DAS GALERIAS PLUVIAIS E DO MAR POR MEIO DE AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

Monitoring of the pollution in stormwater and seawater and environments through physical-chemical and microbiological assessments

Ângela M. S. Cardonha<sup>1</sup>, Regine H. S. F. Vieira<sup>2</sup>, Nély Holland<sup>1</sup>, Josette L. S. Melo<sup>3</sup>, Magna A. S. Bezerra<sup>3</sup>, Karla S. F. S. C. Damasceno<sup>1</sup>

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo monitorar a qualidade da água das galerias pluviais e do mar em três praias do litoral de Natal-RN: Praia do Meio (PM), Areia Preta (AP) e Ponta Negra (PN). Foram avaliadas 144 amostras, 72 da água das galerias e 72 da água do mar, nos períodos chuvoso e seco, durante o ano de 2002, em diferentes estágios de maré, sob influência da temperatura da água, salinidade, condutividade elétrica e pH. A qualidade da água foi avaliada através do Número Mais Provável (NMP) de coliformes fecais (CF) e *Escherichia coli*, sendo os resultados expressos na forma de mediana. A temperatura, salinidade e pH mantiveram-se constantes, apenas a condutividade apresentando-se variável. O NMP de CF e o percentual de *E. coli* também apresentaram flutuações. Areia Preta foi a praia mais contaminada, com medianas de  $1,1 \times 10^6$  e  $2,4 \times 10^6/100\text{mL}$  de CF, para a água das galerias, e  $3,3 \times 10^5$  e  $6,8 \times 10^5/100\text{mL}$  de CF, para a água do mar, nos períodos chuvoso e seco, respectivamente, seguida das praias do Meio e Ponta Negra. Durante o período chuvoso, o NMP de CF da água do mar mostrou correlação estatisticamente significativa com a salinidade ( $r = 0,68$ ;  $P < 0,05$ ), na praia do Meio; com o pH ( $r = 0,73$ ;  $P < 0,05$ ), condutividade ( $r = 0,73$ ;  $P < 0,05$ ) e estágio de maré ( $r = 0,63$ ;  $P < 0,05$ ). Durante o período de estiagem, foi registrada correlação estatisticamente significativa entre os valores do NMP de CF na água das galerias e do mar, na praia Areia Preta ( $r = 0,58$ ;  $P < 0,05$ ), o que pode estar relacionado com a distância da galeria à praia.

**Palavras-chaves:** coliformes fecais, galerias pluviais, água do mar, fatores físico-químicos, estação pluviométrica.

## ABSTRACT

The present paper was designed to monitor the water quality in stormwater sewers and the onshore of three beaches off Natal, Rio Grande do Norte State, namely do Meio, Areia Preta and Ponta Negra. A total of 144 samples were analyzed, 72 from the stormwater sewers and 72 from the adjacent sea water, during the rainy and dry seasons in the year 2002, at different tide phases and under the influence of the water temperature, salinity, electric conductivity and pH. The biological water quality was evaluated through the MPN of fecal coliforms (FC) and frequency of *Escherichia coli*, the results being expressed as medians. During the survey, temperature, salinity and pH kept constant whereas electric conductivity, MPN of FC and *E. coli* frequency showed variation trends. The Areia Preta beach proved to be the most contaminated, with median values of  $1.1 \times 10^6$  and  $2.4 \times 10^6$  per 100 mL of FC, for stormwater sewers, and  $3.3 \times 10^5$  and  $6.8 \times 10^5$  per 100 mL of FC, for the onshore water, in the rainy and dry seasons, respectively, followed by do Meio and Ponta Negra beaches. During the rainy season, the MPN of FC showed statistically-significant correlation with salinity ( $r = 0.68$ ;  $P < 0.05$ ), pH ( $r = 0.73$ ;  $P < 0.05$ ), conductivity ( $r = 0.73$ ;  $P < 0.05$ ) and tide phase ( $r = 0.63$ ;  $P < 0.05$ ), on the onshore water of do Meio beach. During the dry season, statistically-significant correlation was found to take place between MPN of FC values in the stormwater sewers and the adjacent sea water, on Areia Preta beach ( $r = 0.58$ ;  $P < 0.05$ ), a finding which may be related to the distance between the stormwater sewer and the coastline.

**Key words:** fecal coliforms, stormwater sewer, onshore water, physical-chemical factors, pluviometric seasons.

<sup>1</sup> Departamento de Nutrição, PPGCS, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

## INTRODUÇÃO

O monitoramento eficiente e constante dos níveis de contaminação nos corpos hídricos torna-se necessário em função do crescimento desordenado da população e da expansão mal planejada das cidades ocorrem.

O Município do Natal não está imune a essa problemática, pois a ausência de um planejamento de caráter global que direcione o desenvolvimento da cidade tem como consequência direta um crescente processo de degradação ambiental a começar pelas praias, que sofrem agressões que vão desde o despejo de lixo nas areias ao derramamento de esgotos produzidos por residências e hotéis.

A poluição das praias tem sido estudada por vários autores (Hagler *et al.*, 1986; Ganoulis, 1991; Mascarenhas, 1997; Vieira *et al.*, 1999; Pinheiro-Junior *et al.*, 2002; Schiff *et al.*, 2003), cujas pesquisas tiveram por base atividades de monitoramento por meio de indicadores microbiológicos de poluição, tais como índices da ocorrência de coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia coli*.

Lima *et al.* (2001) afirmam que a preservação dos recursos hídricos é de fundamental importância, pois é através da poluição que são introduzidas substâncias nocivas, tóxicas ou patogênicas que modificam as características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente aquático.

Os padrões brasileiros adotados pela Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2000), estabeleceram critérios para a classificação das águas doces, estuarinas e marinhas destinadas a recreação de contato primário (balneabilidade), avaliada nas categorias própria e imprópria, considerando-se as densidades de coliformes fecais, enterococos ou *Escherichia coli*, estimadas por amostragem.

Os coliformes são um grupo de bactérias, bastonetes Gram negativos, móveis, que habitam o intestino de animais de sangue quente, capazes de fermentar a lactose em 35°C/24-48h com produção de ácido e gás (APHA, 1995). Sua detecção em águas marinhas indica que está havendo um fluxo de fezes para esse determinado local e, como as águas do mar são tóxicas para esse grupo de bactérias, sua presença nesse meio tem um significado importante (Hagler & Hagler, 1988).

A qualidade da água é determinada por um conjunto de parâmetros associados aos processos físicos, químicos e biológicos que, dependendo das concentrações encontradas, podem interferir positiva ou negativamente na presença dos microrganismos encontrados nesses ambientes.

Diante do exposto o objetivo da presente pesquisa foi monitorar as águas de galerias pluviais e do mar onde essas deságuam no litoral de Natal, através de parâmetros físico-químicos (temperatura da água, salinidade, condutividade elétrica e pH) e microbiológicos (coliformes fecais e *Escherichia Ocoli*) considerados indicadores de poluição. As variações do NMP de coliformes fecais e percentual de *E. coli* em função dos fatores físico-químicos, durante as estações chuvosa e seca, foram analisados estatisticamente para avaliação da significância das correlações entre os conjuntos de variáveis bióticas e abióticas.

## MATERIAL E MÉTODOS

A base de dados constou de 144 amostras de água, sendo 72 de galerias pluviais e 72 da zona marinha adjacente, em três praias de Natal/RN (Praia do Meio-P1, Areia Preta-P2 e Ponta Negra-P3, nas estações chuvosa (janeiro a junho) e seca (julho a setembro) de 2002, em diferentes estágios de marés. Após a coleta, em duplicata, as amostras foram conduzidas em caixa isotérmica contendo gelo, sendo uma para o Laboratório de Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Química (análises físico-químicas) e a outra para o Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Departamento de Nutrição (análises microbiológicas), ambos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, onde imediatamente foram processadas.

A metodologia das análises microbiológicas e físico-químicas seguiu recomendações da APHA (1995). As amostras (500 mL de água) foram coletadas em recipientes estéreis e submetidas a medição imediata de sua temperatura ( $T_{am}$ ) com termômetro de filamento de mercúrio marca Incoterm. Em laboratório, foi realizada a estimativa da condutividade elétrica (CE) em condutivímetro digital-Digimed, pH em peagâmetro digital-Digimed e salinidade (SALL) pelo método argentométrico. O Número Mais Provável (NMP) de coliformes fecais (CF) foi calculado por meio de consulta à tabela de Hoskins (APHA, 1995), utilizando-se a técnica dos tubos múltiplos. As cepas de *Escherichia coli* foram identificadas bioquimicamente através das provas do Citrato, Voges Proskauer, Vermelho de Metila, Indol e Motilidade. Os índices pluviométricos (IP) dos dias imediatamente anteriores à coleta foram fornecidos pela Estação Climatológica da UFRN e os estágios de maré (EM), pela Divisão Marítima da Base Naval de Natal.

Para comparação dos níveis de contaminação das amostras de água da galeria e do mar das três praias estudadas em um mesmo período (chuvoso ou seco), os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e, em caso de significância estatística entre as médias ( $P < 0,05$ ), seguida do teste de

Tukey para discriminar quais eram diferentes entre si. Para a comparação entre as variáveis de uma mesma praia em períodos diferentes (chuvoso ou seco) foi aplicado o teste t ( $P < 0,05$ ). Para verificar se existiu correlação entre as variáveis estudadas e a contagem de CF; entre o estágio de maré, o índice pluviométrico e as demais variáveis das amostras pesquisadas, os dados foram submetidos ao teste de Correlação de Pearson ( $P < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o “software Statistica for Windows” (Statsoft, Inc., 1996).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas I e II apresentam os valores médios, mínimos, máximos e medianos dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e ambientais das águas das galerias pluviais e mar das três praias estudadas nos períodos de chuva e estiagem.

Os valores médios de temperatura das águas

das galerias pluviais e do mar das três praias foram constantes nos dois períodos de coleta, não apresentando diferença significativa. Este fato pode ser explicado pelo horário (7:30 - 9:30 h) constante da coleta das amostras e pela relação entre a temperatura ambiente e a da amostra, coletada próxima à superfície do corpo aquático. Payne (1986) afirma que temperaturas uniformes ou com poucas flutuações para um mesmo horário ao longo do ano são típicas de regiões tropicais.

As águas das galerias no período chuvoso apresentaram temperaturas com valor mediano de 28°C no ponto P1 e 29° nos pontos P2 e P3. Na estiagem a mediana foi 27°C, no P1 e 28°C nos pontos P2 e P3 (Tabela I). Na água do mar o valor mediano de temperatura no período chuvoso foi de 29°C nos pontos P1, P2 e P3 e no de estiagem 27°C nos três pontos anteriormente referidos (Tabela II). Segundo Nunes (2000), o clima da região litorânea de Natal é tropical chuvoso com verão seco e temperaturas compreendidas entre 24°C e 30°C.

Tabela I - Valores médios, mínimos, máximos e medianas dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e ambientais nas águas das galerias pluviais das três praias de Natal/RN (Praia do Meio, Areia Preta e Ponta Negra) durante o período chuvoso (jan - jun) e de estiagem (jul - set), no ano de 2002.

Períodos	Chuvoso			Estiagem		
	Praias			Praias		
Parâmetros	Meio (P1)	Areia Preta (P2)	Ponta Negra (P3)	Meio (P1)	Areia Preta (P2)	Ponta Negra (P3)
T (° C)	29 <sup>Aa</sup> 27 - 30 28	29 <sup>Aa</sup> 28 - 30 29	29 <sup>Aa</sup> 27 - 30 29	27 <sup>Ba</sup> 26 - 29 27	28 <sup>Ba</sup> 26 - 29 28	28 <sup>Ba</sup> 27 - 29 28
pH	7,19 <sup>Aa</sup> 5,50 - 7,78 7,28	6,97 <sup>Aa</sup> 6,29 - 7,46 7,07	7,86 <sup>Ab</sup> 7,35 - 9,12 7,79	7,38 <sup>Aab</sup> 6,36 - 8,09 7,47	6,88 <sup>Aa</sup> 6,55 - 7,35 6,88	7,86 <sup>Ab</sup> 7,35 - 9,12 7,58
CE (µS/cm)	680 <sup>Aa</sup> 318 - 1250 611	457 <sup>Ab</sup> 362 - 581 474	200 <sup>Ac</sup> 103 - 475 186	781 <sup>Aa</sup> 140 - 1864 857	573 <sup>Aab</sup> 384 - 1084 498	339 <sup>Ab</sup> 103 - 475 285
S (‰)	0,39 <sup>Aa</sup> 0,04 - 1,53 0,18	0,13 <sup>Aa</sup> 0,10 - 0,18 0,14	0,11 <sup>Aa</sup> 0,01 - 0,67 0,05	0,19 <sup>Aa</sup> 0,11 - 0,41 0,13	0,18 <sup>Aa</sup> 0,10 - 0,37 0,16	0,10 <sup>Ab</sup> 0,01 - 0,67 0,10
CF (NMP/100 ml)	4,4 x 10 <sup>6</sup> <sup>Aab</sup> 2,3x10 <sup>3</sup> - >1,1x10 <sup>7</sup> 2,4 x 10 <sup>6</sup>	7,3 x 10 <sup>6</sup> <sup>Aa</sup> 4,3x10 <sup>3</sup> - > 1,1x10 <sup>7</sup> 1,1 x 10 <sup>7</sup>	1,8 x 10 <sup>6</sup> <sup>Ab</sup> 9,3x10 <sup>2</sup> - 1,1x10 <sup>7</sup> 3,4 x 10 <sup>5</sup>	4,0 x 10 <sup>6</sup> <sup>Aa</sup> 1,5x10 <sup>5</sup> - >1,1x10 <sup>7</sup> 2,4 x 10 <sup>6</sup>	3,5 x 10 <sup>6</sup> <sup>Aa</sup> 1,5x10 <sup>5</sup> - > 1,1x10 <sup>7</sup> 2,4 x 10 <sup>6</sup>	1,2 x 10 <sup>6</sup> <sup>Ab</sup> 2,3x10 - 1,1x10 <sup>7</sup> 2,9 x 10 <sup>4</sup>
EM (m)	1,6 0,5 - 30 1,1	1,6 0,5 - 30 1,1	1,6 0,5 - 30 1,1	1,7 0,2 - 2,9 2,2	1,7 0,2 - 2,9 2,2	1,7 0,2 - 2,9 2,2
IP (mm)	10 0 - 36 2,9	10 0 - 36 2,9	10 0 - 36 2,9	2,7 0 - 10 0,9	2,7 0 - 10 0,9	2,7 0 - 10 0,9

T - Temperatura da amostra; CE - Condutividade Elétrica; S - Salinidade; EM - Estágio de Maré; IP - Índice Pluviométrico; CF - Coliformes Fecais

Média

Onde: Valor mín - Valor máx

Mediana

<sup>ABCabc</sup>. Letras maiúsculas indicam comparação numa mesma praia entre períodos e letras minúsculas indicam comparação num mesmo período, entre praias. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes indicam significância estatística entre as mesmas, de acordo com o teste t ( $P < 0,05$ ) e o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Tabela II - Valores médios, mínimos, máximos e medianas dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e ambientais nas águas do mar das três praias de Natal/RN (Praia do Meio, Areia Preta e Ponta Negra) durante o período chuvoso (jan - jun) e de estiagem (jul - set), no ano de 2002.

Parâmetros	Chuvoso			Estiagem		
	Praias			Praias		
	Meio (P1)	Areia Preta (P2)	Ponta Negra (P3)	Meio (P1)	Areia Preta (p2)	Ponta Negra (P3)
T(°C)	29 <sup>Aa</sup> 27 – 30 29	29 <sup>Aa</sup> 28 – 30 29	29 <sup>Aa</sup> 27 – 30 29	27 <sup>Ba</sup> 26 – 29 27	27 <sup>Ba</sup> 26 – 29 27	27 <sup>Ba</sup> 26 – 29 27
pH	8,15 <sup>Aa</sup> 7,95 – 8,32 8,17	8,13 <sup>Aa</sup> 7,94 – 8,33 8,11	8,16 <sup>Aa</sup> 7,93 – 8,40 8,19	8,10 <sup>Aa</sup> 7,74 – 8,29 8,15	8,02 <sup>Aa</sup> 7,19 – 8,23 8,15	8,02 <sup>Aa</sup> 7,08 – 8,28 8,08
CE (µS/cm)	32.983 <sup>Aa</sup> 28.100 – 37.300 32.450	31.458 <sup>Aa</sup> 12.600 – 39.500 33.850	30.625 <sup>Aa</sup> 12.600 – 36.900 33.350	39.908 <sup>Ba</sup> 25.200 – 51.900 40.450	41.442 <sup>Ba</sup> 26.500 – 57.100 41.100	39.700 <sup>Ba</sup> 23.900 – 53.100 40.650
S (‰)	35,8 <sup>Aa</sup> 31,0 – 38,3 37,2	36,4 <sup>Aa</sup> 30,0 – 37,9 37,3	36,4 <sup>Aa</sup> 31,3 – 38,4 37,0	33,5 <sup>Ba</sup> 31,0 – 35,5 34,1	33,9 <sup>Ba</sup> 31,0 – 36,1 34,5	34,4 <sup>Ba</sup> 31,4 – 37,6 34,5
CF (NMP/100 ml)	7,5 x 10 <sup>2</sup> <sup>Aa</sup> 4,3x10 – 4,3x10 <sup>5</sup> 1,8 x 10 <sup>3</sup>	3,6 x 10 <sup>6</sup> <sup>Ab</sup> 2,1x10 <sup>3</sup> - > 1,1x10 <sup>7</sup> 3,3 x 10 <sup>5</sup>	3,5 x 10 <sup>3</sup> <sup>Aa</sup> 7,4 – 2,1x10 <sup>3</sup> 9,3 x 10 <sup>2</sup>	5,4 x 10 <sup>5</sup> <sup>Aa</sup> 2,3 x10 – 4,6 x 10 <sup>6</sup> 2,9 x 10 <sup>3</sup>	1,9 x 10 <sup>6</sup> <sup>Ab</sup> 9,3x10 <sup>3</sup> – 1,1x10 <sup>7</sup> 6,8 x 10 <sup>5</sup>	1,3 x 10 <sup>4</sup> <sup>Ac</sup> 2,3x10 – 7,5x10 <sup>4</sup> 5,8 x 10 <sup>2</sup>
EM (m)	1,6 0,5 – 3,0 1,1	1,6 0,5 – 3,0 1,1	1,6 0,5 – 3,0 1,1	1,7 0,2 – 2,9 2,2	1,7 0,2 – 2,9 2,2	1,7 0,2 – 2,9 2,2
IP (mm)	10 0 – 36 2,9	10 0 – 36 2,9	10 0 – 36 2,9	2,7 0 – 10 0,9	2,7 0 – 10 0,9	2,7 0 – 10 0,9

T – Temperatura da amostra; CE – Condutividade Elétrica; S. – Salinidade; EM – Estágio de Maré; IP – Índice Pluviométrico; CF – Coliformes Fecais

Média

Onde: Valor mín – Valor máx

Mediana

<sup>ABCabc</sup>. Letras maiúsculas indicam comparação numa mesma praia entre períodos e letras minúsculas indicam comparação num mesmo período, entre praias. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes indicam significância estatística entre as mesmas, de acordo com o teste t (P<0,05) e o teste de Tukey (P<0,05).

Analisando-se os valores médios em uma mesma praia em períodos diferentes, os valores da temperatura da água das galerias e do mar apresentaram diferença estatística significativa (P< 0,05) entre as três praias estudadas.

O pH de todas as amostras esteve em torno do neutro, havendo uma tendência para alcalinidade na água do mar. Nas galerias na época de chuva o valor mediano foi de 7,28, 7,07 e 7,79 nos pontos P1, P2 e P3 respectivamente, mostrando-se o pH mais elevado neste período no P3, diferindo estatisticamente da água das galerias das demais praias. No período de estiagem as medianas foram 7,47, 6,88 e 7,58 para os pontos P1, P2 e P3 respectivamente, e o ponto P3 novamente apresentou o pH mais elevado neste período, diferindo significativamente apenas do pH da água da galeria do ponto P2.

Na água do mar no período chuvoso o pH mediano foi 8,17, 8,11 e 8,19 nos pontos P1, P2 e P3,

respectivamente. Na estiagem foi 8,15 nos pontos P1 e P2, e 8,08 no ponto P3. Esta tendência para alcalinidade também foi verificada por Zietz *et al.* (2001), que encontraram valores de pH entre 7,71 e 8,59 analisando as águas do Mar Báltico ao longo da costa da Alemanha. Silva *et al.* (2000) apresentaram valores de pH com pequena variação, nas diferentes estações oceanográficas do Porto do Pecém-CE, sendo registrado um mínimo de 7,94 e um máximo de 8,54, afirmando que a natureza alcalina desse parâmetro exclui a presença de substâncias ácidas que poderiam ter sido lançadas diretamente no ambiente ou serem resultantes de reações químicas entre a água do mar e agentes poluentes.

De acordo com a Tabela II, o pH de uma mesma praia não variou significativamente entre as estações chuvosa e seca. A condutividade elétrica da água das galerias das três praias foi significativamente diferentes entre si na estação chuvosa (Tabela I), apresentan-

do valores medianos de 611, 474, 186  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nos respectivos pontos, P1, P2 e P3. No período de estiagem, os valores medianos variaram entre 857, 498 e 285  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nos pontos P1, P2 e P3 respectivamente, sendo a CE no ponto P3 menor que as demais, só diferindo significativamente ( $P < 0,05$ ) do P1.

Os valores médios de CE na água do mar, nas estações chuvosa e seca não apresentaram diferença estatística entre as praias. Os valores medianos da CE na água do mar durante o período chuvoso foram: 32.450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 33.850 $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 33.350 $\mu\text{S}/\text{cm}$  nos pontos P1, P2 e P3, enquanto que na estiagem foram 40.450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 41.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 40.650 $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente. A CE das três praias apresentou diferença significativa entre os dois períodos estudados, sendo que os maiores valores de CE durante a época de estiagem podem ser atribuídos à evaporação das águas pelo calor e a conseqüente concentração de sais.

A condutividade elétrica da água é a medida de sua capacidade na condução da corrente elétrica e depende da presença de íons, portanto, um bom indicador da concentração total de sais presentes na água (APHA, 1995). Segundo Esteves (1988), é uma das variáveis mais importantes no estudo de ecossistemas aquáticos, pois pode fornecer informações significativas sobre o metabolismo aquático (produção e decomposição) e sobre fenômenos como presença de fontes poluidoras, diferenças geoquímicas, etc.

No período de chuva os valores médios de salinidade na água das galerias não diferiram estatisticamente. Os valores medianos na estação chuvosa foram 0,18‰, 0,14‰ e 0,05‰ e, na estação seca, 0,13‰, 0,16‰ e 0,10‰ nos pontos P1, P2 e P3, respectivamente. O menor índice de salinidade nas galerias no período de estiagem foi encontrado em P3, diferindo significativamente das demais.

Na água do mar, nos períodos chuvoso e seco, as médias de salinidade apresentaram diferenças significantes para as três praias. Os valores medianos para o período chuvoso foram 37,2‰, 37,3‰ e 37,0‰ nos pontos P1, P2 e P3, respectivamente, e no período de estiagem, foram 34,1‰ no ponto P1 e 34,5‰ nos pontos P2 e P3.

Araújo-Filho (1998), estudando o Canal de Santa Cruz (Pernambuco), relata que a salinidade de suas águas apresentou-se superior à média do oceano (35‰), e que no verão a salinidade era maior em conseqüência do aumento da evaporação e a redução da vazão dos afluentes. No entanto, Conceição (1995) afirma que a salinidade normal desde a desembocadura de rios até as grandes geleiras geralmente oscila entre 33 e 37‰, e o CONAMA (2000) enquadra na classe de águas salinas aquelas que se apresentam com salinidade igual ou superior a 30‰.

Os valores para CF nas águas das galerias foram elevados nos dois períodos estudados, fato atribuído a aportes comprovados de águas residuárias. Também o menor volume hídrico e o menor índice de salinidade nesta pode ter influenciado para essa elevada contaminação. No período de chuvas os valores das medianas para o NMP/100mL de CF nas galerias foram  $2,4 \times 10^6$ ,  $1,1 \times 10^7$  e  $3,4 \times 10^5$  nos pontos P1, P2 e P3, respectivamente. A água da galeria da praia de Areia Preta foi a mais contaminada, apresentando diferença estatisticamente significativa da água da galeria da praia de Ponta Negra. No período de estiagem as medianas foram  $2,4 \times 10^6$  NMP de CF/100mL nos pontos P1 e P2, e  $2,9 \times 10^4$  no ponto P3, sendo este o menos contaminado e diferindo estatisticamente dos demais. Nos três pontos das galerias os contaminantes se mantiveram em níveis próximos nos meses de chuva e estiagem, não apresentando diferença estatística entre os dois períodos. Este fato sugere a presença de fonte de contaminação contínua, talvez por esgoto ainda não depurado. Na água do mar, no período de chuvas, os valores medianos para o NMP de CF foram  $1,8 \times 10^3$ ,  $3,3 \times 10^5$  e  $9,3 \times 10^2$  CF/100mL nos pontos P1, P2, e P3, respectivamente. No período de estiagem os pontos P1, P2 e P3 apresentaram medianas com valores de  $2,9 \times 10^3$ ,  $6,8 \times 10^5$  e  $5,8 \times 10^2$  CF/100mL, respectivamente. Analisando-se as Tabelas I e II percebe-se que a contagem de CF apresentou diferença estatística significativa entre as praias, evidenciando Areia Preta como a mais contaminada, durante os dois períodos estudados.

Existiu correlação significativa entre o crescimento microbiológico e algumas características físicas das amostras durante o período chuvoso. Pode-se verificar que a contagem de CF da água do mar da praia do Meio, durante o período de chuva, apresentou correlação positiva com a salinidade da água do mar da mesma praia ( $r = 0,63$ ;  $P < 0,05$ ). Vieira *et al.* (2001) identificaram resistência e crescimento de cepas de *Escherichia coli* em água do mar com salinidade de 37‰, por mais de uma semana, e que não só o sal pode exercer efeito deletério sobre esta bactéria, mas também podem ter importância letal outros fatores físicos presentes no ambiente. Estes autores concluíram, ainda, que existe uma relação inversamente proporcional entre salinidade e número de coliformes. Davies *et al.* (1995) complementam que vários fatores podem causar o decréscimo do número de bactérias entéricas presentes em ambiente aquático incluindo luz solar, alta salinidade, presença de agentes tóxicos e deficiências nutritivas.

Na praia de Areia Preta a contagem de CF da água da galeria apresentou correlação positiva significativa com o pH ( $r = 0,73$ ;  $P < 0,05$ ) no período chuvoso e correlação inversa com a temperatura da água

( $r = -0,60$ ;  $P < 0,05$ ). Hagler *et al.* (1988) afirmam que altas temperaturas e intensa luz solar diminuem a sobrevivência de coliformes, aumentando a possibilidade da presença de patógenos. Nas amostras da água do mar de Areia Preta o estágio de maré apresentou correlação positiva com a contagem de CF ( $r = 0,72$ ;  $P < 0,05$ ). O mesmo ocorreu no Rio New River (Flórida-EUA), quando níveis de *E. coli* na água aumentavam muito logo após chuvas fortes e oscilaram de acordo com o movimento das marés. Isso estaria ligado à sua capacidade de multiplicação no solo das margens, que é levado para dentro do rio durante as chuvas e as marés altas (Solo-Gabriele *et al.*, 2000).

Durante o período de estiagem as principais correlações significativas foram a de caráter inverso entre o pH da água da galeria da praia do Meio e CF da mesma amostra ( $r = -0,59$ ;  $P < 0,05$ ), e a de caráter direto entre a contagem de CF da água da galeria de Areia Preta e da água do mar adjacente ( $r = 0,58$ ;  $P < 0,05$ ). Isto se deve talvez, a pequena extensão de praia entre a galeria e o mar, onde na alta maré as águas se misturavam de maneira uniforme.

A contagem de CF em uma mesma praia, não variou significativamente entre os períodos chuvoso e de estiagem, embora tenha ocorrido com a presença da *E. coli*. Segundo Hoffmann *et al.* (1995) pode haver uma extrema variação da carga microbiana de uma coleção de águas, em um dado experimento, dependendo da época da coleta das amostras e/ou do ponto de amostragem, ou seja, próxima ou distante da fonte poluidora.

No período chuvoso foi identificada a presença de *E. coli* em todas as praias, tanto na galeria quanto no mar. Na Figura 1, observa-se que as galerias apresentaram-se mais contaminadas pela bactéria do que as águas do mar. Isto se justifica em razão do arraste de detritos poluentes pelas chuvas. O preocupante é que, a presença de *E. coli* nas águas das galerias pluviais principalmente no período chuvoso sugere a contaminação da areia, já que estas águas antes de chegarem ao mar lavam a praia. A este respeito Ghinsberg *et al.* (1994) comentam a presença em areia de bactérias potencialmente patogênicas em densidade maiores que na água do mar, explicando porque os não banhistas podem contrair enfermidades mais facilmente que os banhistas.

Na Praia do Meio, foi constatada a presença de *E. coli* nas águas da galeria pluvial em 58,3% das colônias suspeitas e 41,7% no mar receptor. Em Areia Preta, 75 % das águas das galerias apresentaram positividade para o microrganismo, e 58,3% do mar receptor. Na praia de Ponta Negra positivaram 50% das colônias suspeitas da galeria pluvial, enquanto que o mar receptor apresentou percentual de 33,3%. O menor percentual de *E. coli* na água do mar é

explicado pela influência do sal e da alta taxa de diluição da água do mar.

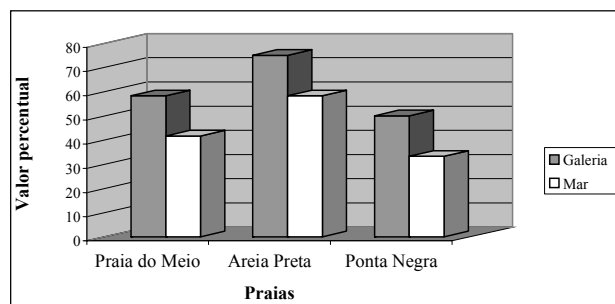


Figura 1 - Identificação de *Escherichia coli* no período chuvoso - Natal/RN.

A Figura 2 mostra que no período de estiagem a água do mar apresentou-se com maior contaminação por *E. coli* do que as galerias. Das amostras de água da galeria da Praia do Meio 66,7% apresentaram positividade para *E. coli* das colônias analisadas, sendo um valor percentual inferior ao das amostras das águas do mar receptor, que foi 91,6%. A particularidade geográfica da praia do Meio, dispondo de um cordão de arrecifes, contribui para uma concentração maior de contaminantes nas piscinas que são formadas na preamar e baixa-mar. Na praia de Areia Preta, as águas da galeria pluvial apresentaram 75% de positividade para o microrganismo, valor igual ao período chuvoso. Já nas águas do mar receptor esse percentual foi de 83,3% das colônias em estudo, ou seja, houve um aumento em relação ao período chuvoso. Nesta praia, independente do período (chuvas ou estiagem), as águas da galeria são perenes e se misturam às águas do mar em virtude da proximidade. Na praia de Ponta Negra ocorreu 58,3% de positividade nas águas da galeria, e 66,7% do mar receptor, em razão talvez dos movimentos de marés misturando efluentes de esgotos de outras galerias da mesma praia que se localizam mais perto do mar.

A água do mar juntamente com os processos de dispersão, fatores bióticos e abióticos interferem ad-

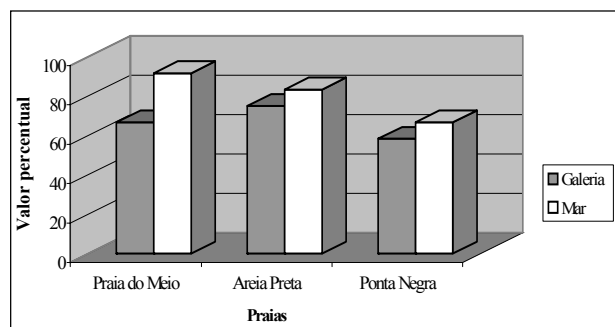


Figura 2 - Identificação de *Escherichia coli* no período de estiagem - Natal/RN.

versamente na sobrevivência das enterobactérias. Entretanto, Grimes (1986) relata a existência de enteropatógenos que sobrevivem na água do mar por um longo período atribuindo a isso o fato dessas bactérias, que são Gram-negativas, entrarem em estado de latência durante o qual elas permanecem viáveis e potencialmente virulentas. Mesmo considerando a pouca resistência de coliformes em águas marinhas (Hagler & Hagler, 1998), devido à salinidade, é importante controlar o lançamento de bactérias portadoras de plasmídeos, principalmente por se conhecer a mobilização de diferentes plasmídeos, para bactérias patogênicas.

## CONCLUSÕES

1. As variações de alguns dos parâmetros físico-químicos monitorados foram representativas nos períodos de chuva e estiagem, o que evidencia o caráter heterogêneo do meio aquático nas regiões estudadas.
2. A água da galeria e do mar da praia de Areia Preta foi a mais contaminada por coliformes fecais nos períodos de chuva e estiagem.
3. A água da galeria da praia de Ponta Negra foi a menos contaminada por CF, nos dois períodos estudados.
4. ONMP de CF foi sempre maior na água das galerias pluviais que na do mar.
5. Em todas as amostras de águas do mar e galerias foram identificadas cepas de *E.coli*, não havendo período definido para o aparecimento da bactéria.
6. O IP não influenciou na contagem de CF em ambos os períodos.
7. É necessário promover uma infra-estrutura de saneamento nas localidades carentes, próximas as praias do Meio e a de Areia Preta, pela evidência de introdução e instalação de agentes entéricos responsáveis por patologias na comunidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. *Standard methods for the examination of water and Wastewater*. American Public Health Association, 19<sup>th</sup> edition, 953 p., New York, 1995.

Araújo Filho, M. Canal de Santa Cruz tem alta taxa de salinidade [online]. Ciências e Meio Ambiente, Recife. [Citado 1998 Jul 22]. Disponível no : // www2.uol.com. Br/ JC/ \_1998/2207/cm2207c.htm

CONAMA. *Resoluções CONAMA, N.º. 274*. Ministério da Habitação, Urbanismo e Meio Ambiente, 89 p., Brasília, 2000.

Conceição, R. N. L. Oceanografia, p. 1-32, in Ogawa, M. & Koike, J. (eds.), *Manual de pesca*. Gráfica Batista, 780 p., Fortaleza, 2000.

Davies, C.M.; Long, J. A. H.; Donald, M. & Ashbolt, N.J. Survival of fecal microorganisms in marine and freshwater sediments. *Appl. Environ. Microb.*, v 61, p.1888-1896, 1995.

Esteves, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Editora Interciência, 575 p., Rio de Janeiro, 1988.

Ganoulis, J. G. Water quality assessment and protection measures of a semi-enclosed coastal area: the Bay of Thermaikos (NE Mediterranean Sea). *EMEC'S' 90*, v. 23, p. 83-87, 1991

Ghinsberg, R. C.; Dou, L. B. & Rogol, M. *et al.* Monitoring of selected bacteria and fungi in sand and sea water along the Tel Aviv coast. *Microbios*, v.77, p.29-40, 1994.

Grimes, D. J.; Well, A. T.; Brayton, R. W.; Ropllins, D. M.; Roszac, D. B.; Singleton, F. L.; Trampin, M. L. & Colwell, R.R. The fate of enteric pathogenic bacteria in estuarine and marine environments. *Microbiol. Scien.*, v.3, p.324-329, 1886.

Hagler, A. N. & Hagler, L. C. S. M. Indicadores microbiológicos de qualidade sanitária, p. 88-9, in Roitman, I.; Travasso, L. R. & Azevedo, J. L. (eds.), *Tratado de Microbiologia*. Manole, São Paulo, 1988.

Hagler, A. N.; Mendonça-Hagler, L. C.; Santos, E. A.; Farage, S. & Silva-Filho, J. B. & Scharnk, A. Microbial pollution indicators in Brazilian tropical and subtropical marine surface waters. *The Science of the Total Environment*, v. 58, p.151-160. 1986.

Hoffmann, F. L.; Garcia-Cruz, C. H.; Vinturim, T. M. & Júnior, O. N. Estudo das características microbiológicas das águas do Rio Preto, no Município de São José do Rio Preto-SP. *Higiene Alimentar*, v. 9, p.31-35, 1995.

Lima, E. B.; Paiva, S. C.; Rego, R. C. P.; Gazineu, M. H. P. & Salgueiro, A. A. Investigação de Metais em água de abastecimento no Município do Rio Formoso-PE. *Higiene Alimentar*, v.15, p.68-72, 2001.

Mascarenhas, T. C. Coleta e análise bacteriológica da água das praias no Município de Ilha Comprida-RJ, em abril/97. *Cadernos*, v.3, p.68-69, 1997.

Nunes, E. *O meio ambiente da Grande Natal*. Imagem Gráfica, 120 p., Natal, 2000.

Payne, A. I. *The ecology of tropical lakes and rivers*. John Wiley & Sons, 301 p., Chichester, 1986.

Pinheiro-Junior, A. A.; Oliveira, L. A. T.; Franco, R. M. & Carvalho, J. C. A. P. Colimetria de água marinha em áreas de cultivo e extrativismo de mexilhões no Município de Niterói, RJ. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.*, v.54, p.432-440, 2002.

- Schiff, K.C.; Morton, J. & Weisberg, S. B. Retrospective evaluation of shoreline water quality along Santa Monica Bay beaches. *Mar. Environ. Res.* v.56, p.248-252, 2003.
- Silva, P. R. F. G.; Platonov, A. K. & Vieira, R. H. S. F. Monitoramento das águas da área de construção do porto do Pecém e sua zona de influência direta (Estado do Ceará, Brazil). *Ar. Ciên. Mar, Fortaleza*, v.33, p.165-171, 2000.
- Solo-Gabriele, H.M.; Wolfert, M.A, & Desmarais, T.R. Sources of *Escherichia coli* in a coastal subtropical environment. *Applied and Environmental Microbiology*. v.66, p.230-237, 2000.
- Statsoft, Inc., Statistica for Windows [computer program manual]. Tulsa, Statsoft, Inc. 1996.
- Vieira, R. H. S. F.; Silva, P. R. F. G.; Lehueur, L. G. & Sousa, O.V. Colimetria da água da praia da Barra do Ceará - Fortaleza-Ceará. *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*, v.32, p.119-122, 1999.
- Vieira, R. H. S. F.; Silva, A. I. M.; Sousa, O. V.; Hofer, E.; Vieira, G. H. F.; Saker-Sampaio, S. & Lima, E. A. Análise experimental sobre a viabilidade de *Escherichia coli* em água do mar. *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*, v.34, p.43-48, 2001.
- Vieira, R.H.S.F.; Silva, P. R. F. G.; Sousa, O.V. & Lehueur, L.G. Balneabilidade das águas da Praia do Futuro. *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*, v.34, p.39-42, 2001.
- Zietz, B.P.; Nordhold, G.; Ketseridis, G. & Pfeiffer, E.H. Mutagenicity of Baltic seawater and the relation to certain chemical and microbiological parameters. *Mar. Poll. Bull.*, v.42, p. 845-851, 2001.