

GALERIAS PLUVIAIS COMO FONTE DE POLUIÇÃO DE ORIGEM FECAL PARA AS PRAIAS DE FORTALEZA-CEARÁ

Storm drains as a source of fecal-derived pollution to Fortaleza city's coastal zone

Regine Helena Silva dos Fernandes Vieira¹, Francisca Gleire Rodrigues de Menezes², Renata Albuquerque Costa³, Rozane Valente Marins⁶, Ilene Matanó Abreu³, Antonio Adauto Fonteles-Filho⁵, Oscarina Viana de Sousa⁴

RESUMO

O sistema de galerias pluviais é projetado para permitir o fluxo de água desde a sua coleta nas ruas até as áreas de drenagem. Considerando que essas galerias não devem representar fontes pontuais de poluição, o presente estudo teve como objetivo analisar a contaminação de origem fecal, a partir da quantificação de coliformes termotolerantes (CT) e *Escherichia coli*, de amostras de água de galerias pluviais e de praias (água e sedimento) adjacentes localizadas em três pontos da cidade de Fortaleza-CE: Praia dos Diários (PD1), Praia do Meireles (PM2) e Praia do Mucuripe (próximo ao riacho Maceió) - PRM3. A galeria pluvial que apresentou amostras com maiores índices de CT foi a PM2, seguida da PRM3 e PD1. Nos PM2 e PRM3 foi observado o mesmo número de amostras de água do mar com valores de CT acima do permitido pela legislação. Em nenhuma amostra de areia foi observada quantificação bacteriana (CT e *E. coli*) superior àquela preconizada na legislação. Foram isoladas 396 cepas de *E. coli* dos três pontos pesquisados. Nas três galerias (PD1, PM2 e PRM3) foram detectadas cargas de bactérias de origem fecal incompatíveis com índices de balneabilidade considerados seguros sob o ponto de vista da Saúde Pública.

Palavras-chaves: galeria pluvial, sistema de drenagem, poluição, coliformes *Escherichia coli*, zona costeira.

ABSTRACT

The storm drain of a township is projected with the aim of enabling the water to flow freely since its collection on the streets till its draining pipelines. Whereas these storm drain should not represent sources of pollution, this research work analyzed the fecal contamination of the storm drain waters, the wet beach sand and the nearshore seawater by thermotolerant coliforms (CT) and *Escherichia coli* in the city of Fortaleza, at three sampling stations, namely: Praia dos Diários (PD1), Praia do Meireles (PM2) and Praia do Mucuripe (at Maceió creek's mouth) - PRM3. The most contaminated storm drain water was PM2 > PRM3 > PD1. As to beach pollution on the seawater, the rank in decreasing order is taken up by PM2 = PRM3 > PD1. CT rates above those permitted by legislation were not observed in sand samples. A total of 396 strains of *E. coli* were isolated from samples at the three stations. In the three storm drain (PD1, PM2 and PRM3) were found loads of fecal bacteria incompatible with indices considered safe for bathing under the terms of Public Health.

Keywords: storm drain, sewerage system, pollution, coliforms, *Escherichia coli*, coastal zone.

¹ Pesquisadora do CNPq, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará.

² Doutora em Engenharia de Pesca. Universidade Federal do Ceará.

³ Doutoranda em Engenharia de Pesca. Universidade Federal do Ceará, Bolsista PROPAG.

⁴ Professor Adjunto, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará.

⁵ Professor Aposentado, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará.

⁶ Professor Adjunto IV, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará.

INTRODUÇÃO

O sistema de galerias pluviais corresponde a tubulações e outras estruturas responsáveis pela drenagem de água no período de chuvas. A falta de manutenção adequada dessas galerias, somada a ligações clandestinas de esgoto, aumenta sobremaneira a concentração de poluentes, que serão lançados no meio ambiente (Cardonha *et al.*, 2004). Em cidades costeiras, as galerias podem concorrer para a poluição de praias, uma vez que não é raro se observar que os aportes de esgoto atinjam suas estruturas funcionando como uma fonte de contaminação fecal (Lourenço *et al.*, 2006).

Ainda nesse contexto, Lima *et al.* (2009) alertam que o sistema de galerias pode ser considerado um vetor de resíduos orgânicos e destacam o grupo coliforme como indicador desse tipo de poluição. Dentre as bactérias pertencentes a esse grupo, a espécie *Escherichia coli*, membro do trato gastrointestinal de animais homeotermos, apresenta-se como indicadora de contaminação ambiental recente em águas salinas devido a sua característica de pouca tolerância à toxidez da água do mar (Walk *et al.*, 2007). Como a detecção de *E. coli* em ambientes aquáticos revela a presença constante de descargas de origem fecal, é possível que ocorra a contaminação ambiental por outras bactérias fecais patogênicas, tais como: *Salmonella*, *Shigella* e *Vibrio cholerae* (Viera *et al.*, 1996).

O presente estudo teve como objetivo determinar as condições microbiológicas, a partir da quantificação de coliformes termotolerantes e *E. coli*, de amostras de água de galerias pluviais e de amostras de sedimento e água das praias receptoras, além de determinação das características hidroquímicas locais e sua influência sobre os parâmetros microbiológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

Foram coletadas quinze amostras de água de galerias pluviais, do mar à frente das galerias e de

sedimentos adjacentes às galerias em três diferentes pontos da região praiana de Fortaleza: Praia dos Diários (PD 1), Praia Meireles (PM 2) e Praia do Mucuripe, (PRM 3) (Figura 1) durante um período de seis meses. Portanto, foram analisadas 45 amostras de cada ponto, perfazendo um total de 135 amostras. As coletas foram realizadas no período da manhã e durante a baixa-mar de sizígia.

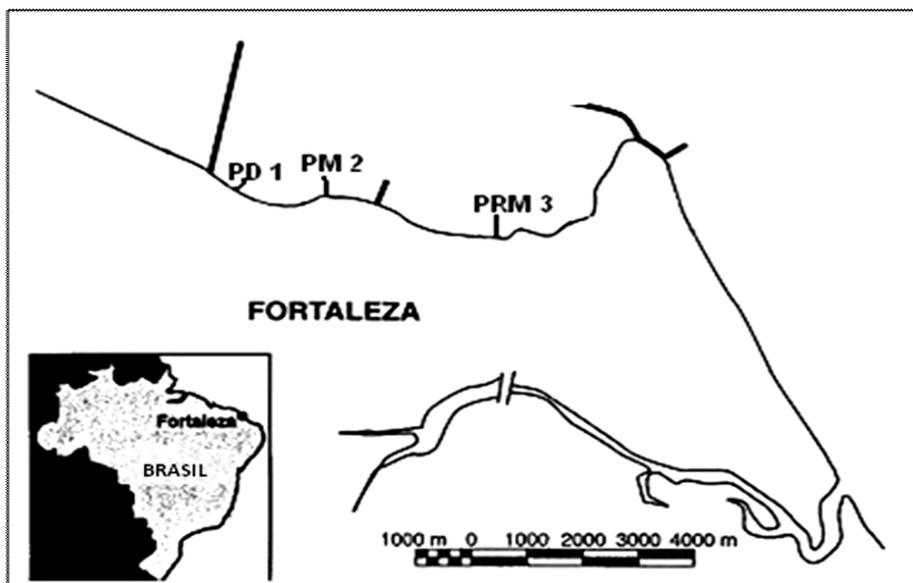


Figure 1 - Mapa da área de estudo, indicando os locais de coleta (PD1, PM2 e PRM3) em Fortaleza-Ceará.

As amostras de água superficiais (do mar e das galerias) foram coletadas manualmente em vidros âmbar esterilizados com capacidade para 1 L. Aproximadamente 100 g de sedimento úmido superficial (~2 cm) foram coletados com colheres esterilizadas, em áreas influenciadas pela descarga das galerias, e acondicionados em sacos plásticos esterilizados. Todas as amostras (água e sedimento) foram transportadas, em recipientes isotérmicos, imediatamente após a coleta, para o Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado do Instituto de Ciências do Mar, onde foram processadas as análises.

Preparação das Amostras

As amostras de água foram diluídas em solução salina a 0,85% na proporção 1:9 para obtenção de soluções decimais seriadas de 10^{-1} a 10^{-5} . Para a diluição das amostras de sedimento, 25 g foram pesados asépticamente, distribuídos em 225 mL de solução salina a 0,85%, mantidos sob agitação em agitador magnético (Cole Parmer Modelo 51450) por quinze minutos e decantados por dez minutos. O vo-

lume obtido após a decantação correspondeu à diluição de 10^{-1} , a partir da qual foram feitas, na proporção 1:9, as demais diluições de 10^{-2} a 10^{-5} .

Quantificação de Coliformes e Identificação de *Escherichia coli*

A quantificação de coliformes foi feita a partir da determinação do Número Mais Provável (NMP) de Coliformes Termotolerantes (CT) e de *E. coli*, através da técnica de fermentação em tubos múltiplos, conforme detalhamento em Feng *et al.* (2002). O cálculo do NMP foi feito pela consulta à tabela de Hoskins (*apud* Blodgett, 2006).

Para identificação de *E. coli*, colônias típicas (negras e com brilho verde metálico) crescidas no Ágar Eosina Azul de Metileno (Difco) foram isoladas em Ágar Triptona Soja (TSA-Difco). As culturas crescidas em TSA foram submetidas à identificação fenotípica através das provas de produção de indol, vermelho de metila, Voges-Proskauer, utilização de citrato, produção de H_2S , motilidade e fermentação da lactose.

Parâmetros Hidroquímicos

Os parâmetros hidroquímicos foram medidos *in situ*: oxigênio, temperatura, salinidade e condutividade (sonda portátil YSI 85); pH (pHmetro marca ORION modelo 250 A); potencial de oxi-redução (Eh) (eletrodo de platina Analion).

Análise Estatística

Os resultados dos parâmetros físico-químicos das amostras foram agrupados através do cálculo

das médias aritméticas e o desvio padrão. Os dados da estatística descritiva e a confecção das tabelas e gráficos foram processados no programa MS-Excel, versão 2007. Os valores estimados para os grupos bacterianos foram expressos em \log_{10} MPN por 100 mL de água e \log_{10} MPN por grama de areia.

RESULTADOS

O NMP de CT e *E. coli* das amostras de água das galerias e das praias adjacentes, nos três pontos amostrados, estão descritos na Tabela I. O limite preconizado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 2000) para determinar a impropriedade de águas destinadas a balneabilidade é de índices acima de 1000 100 mL⁻¹ e 800 100 mL⁻¹ para CT e *E. coli*, respectivamente. Esses valores logaritimizadas correspondem a \log_{10} 3,0 e 2,90 e estão indicados na Tabela I.

As amostras de água das galerias situadas na Praia dos Diários (PD1) e na foz do Riacho Maceió (PRM3) apresentaram a mesma frequência de contaminação por CT. Das quinze amostras, treze (86,6%) apresentaram NMP acima do limite estabelecido pela legislação supracitada. Os maiores índices de CT/ 100 mL⁻¹ para amostras de água de galeria foram verificados no ponto PM2, com valores superiores a \log_{10} 3,0 NMP em 14 amostras (93,3%).

Ainda para as galerias pluviais, a quantificação de *E. coli* acima do limite estabelecido (Brasil, 2000) foi observada em 6,66% (n=1), 46% (n=7) e 60% (n=9) das amostras dos pontos PD1, PRM3 e PM2, respectivamente.

Os resultados referentes às variáveis hidroquímicas encontram-se na Tabela II.

Tabela I - Quantificação de coliformes termotolerantes (CT) e *Escherichia coli* em amostras de areia e de água (galerias pluviais e praias) coletadas nos pontos Praia dos Diários (PD 1), Praia Meireles (PM 2) e Praia do Mucuripe (PRM 3) em Fortaleza-CE.

	Galerias Pluviais			Praia			Areia		
	PD1	PM2	PRM3	PD1	PM2	PRM3	PD1	PM2	PRM3
	\log_{10} NMP de CT 100 mL ⁻¹						\log_{10} NMP de CT g ⁻¹		
Mínimo	0,2	1,3	0,2	0,6	0,3	1,5	0,4	0,4	1,4
Máximo	5,7	6,2	5,7	3,2	3,2	3,2	3	3	3
Média	4,16	4,64	3,84	1,72	1,55	2,21	1,50	2,26	2,1
% NMP > \log_{10} 3	86,6	93,3	86,6	0	6,6	6,6	0	0	0
	\log_{10} NMP de <i>E. coli</i> 100 mL ⁻¹						\log_{10} NMP de <i>E. coli</i> g ⁻¹		
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	4,1	6,2	5,3	2,3	1,2	2,2	1,9	1,9	2,1
Média	2,02	2,38	3,06	0,66	0,54	1	0,6	1	0,86
% NMP > \log_{10} 2,9	6,6	60	46	0	0	0	0	0	0

* NMP: Número Mais Provável.

Tabela II - Variáveis hidroquímicas: temperatura (T), oxigênio dissolvido (O₂), condutividade (Cond.), salinidade (S), potencial de oxi-redução (Eh) e pH das amostras de água das galerias pluviais e das praias adjacentes coletadas nos pontos Praia dos Diários (PD1), Praia Meireles (PM2) e Praia do Mucuripe (PRM3) em Fortaleza-CE.

Parâmetros ambientais		Galerias Pluviais			Água do Mar		
		PD1	PM2	PRM3	PD1	PM2	PRM3
T (°C)	Min /Max	27,8/31,6	27,6/31,8	25,2/31,2	28,4/30,7	28,1/30,7	27,6/30,6
	Media/DP	30,2±1,2	29,9±1,3	29,4±1,6	29,5±0,6	29,7±0,8	29,5±0,9
O ₂ (mg L ⁻¹)	Min/ Max	2,9/5,0	0,5/4,8	0,3/4,0	2,5/5,4	2,5/4,8	2,4/5,2
	Media/DP	3,9±0,6	3,0±1,1	2,2±1,1	3,7±0,8	3,5±0,6	3,4±0,9
Cond. (mS)	Min/ Max	0,56/22,8	0,5/15,4	0,4/2,3	49,1/60,2	44,4/59,6	48,2/58,1
	Media/DP	9,9±9,2	6,9±5,8	1,0±0,6	56,0±3,0	54,7±4,5	53,7±3,7
S (‰)	Min/ Max	0,2/14,6	0,2/8,1	0,2/1,0	15,8/35,8	15,8/36,1	0,2/34,6
	Media/DP	5,5±4,7	3,5±3,1	0,5±0,24	33,0±5,2	31,9±5,8	26,2±13,5
Eh	Min/ Max	1,5/408,4	-173,3/376,4	-162,0/373,2	1,6/415,6	2,27/398,5	3,79/424,2
	Media/DP	277,7±110,0	219,2±154,9	105,81±155,4	289,6±102,5	242,3±113,9	192,7±114,8
pH	Min/ Max	7,3/9,5	7,4/9,1	6,6/8,2	7,4/8,6	8,0/8,4	7,1/8,3
	Media/DP	7,9±0,6	8,2±0,6	7,4±0,4	8,2±0,3	8,3±0,1	8,0±0,4

Os valores médios de temperatura (°C) verificados nas amostras de água dos pontos PD1, PM2, PRM3 corresponderam a 30,16±1,15, 29,87±1,30 e 29,43±1,56. Foram observadas médias nos índices de pH de 7,93±0,57, 8,18±0,59 e 7,37±0,40 nos pontos de amostragem PD1, PM2, PRM3, respectivamente. A salinidade experimentou variação de 0,2 a 14,6‰, 0,2 a 8,1‰ e 0,2 a 1,0‰ nos pontos PD1, PM2 e PRM3. Foi encontrada uma oscilação semelhante entre os índices de condutividade dos pontos PD1 (0,54 a 15,39 mS) e PM2 (0,56 a 22,8 mS). Por outro lado, no ponto PRM3 a variação foi de 0,38 a 2,3 mS. O teor de oxigênio dissolvido das águas das galerias variou de 2,86 a 5,02 mg L⁻¹ no ponto PD1, de 0,5 a 4,75 mg L⁻¹ no ponto PM2, e de 0,33 a 3,98 mg L⁻¹ no ponto PRM3. Observou-se uma ampla oscilação no potencial de oxi-redução (Eh) dos três pontos avaliados: PD1 (1,53 a 408,4), PM2 (-173,3 a 376,4) e PRM3 (-162 a 373,2).

Para as amostras de água das praias adjacentes as galerias, índices superiores a log₁₀ 3,0 NMP de CT 100 mL⁻¹ só foram verificados em duas unidades amostrais, uma em PM2 e outra em PRM3. Não foi detectado índice de quantificação de *E. coli* acima do permitido pela legislação vigente (Brasil, 2000) (Tabela I).

Os parâmetros hidroquímicos relacionados às amostras de água do mar estão detalhados na Tabela II. O valor médio da temperatura (°C), em todos os pontos, foi de aproximadamente 29,4. Os índices médios de pH foram de 8,18±0,31, 8,31±0,10 e 7,98±0,44 nos pontos PD1, PM2 e PRM3, respectivamente. Os pontos PD1, PM2 e PRM3 apresentaram salinidade variando de 15,80 a 35,80‰, 15,80 a 36,1‰ e de 0,2 a 34,6‰. O valor mínimo de condutividade observado

foi de 44,45 mS (PM2) e o máximo foi de 60,2 (PD1). O teor de oxigênio dissolvido oscilou de 2,5 a 5,35 mg L⁻¹ no ponto PD1, de 2,54 a 4,75 mg L⁻¹ no ponto PM2, e de 2,43 a 5,22 mg L⁻¹ no ponto PRM3. Assim como verificado nas amostras de água das galerias pluviais, as amostras de água do mar apresentaram uma ampla variação no potencial de oxi-redução (Eh): PD1 (1,64 a 415,6), PM2 (2,27 a 398,5) e PRM3 (3,79 a 424,2).

O parâmetro utilizado como indicador de qualidade bacteriológica de areia foi o limite proposto por Mendes (1993), de 1.000 CT g⁻¹, indicado na Tabela I como log₁₀ 3,0. Nenhuma amostra apresentou índices de CT acima de log₁₀ 3,0.

Das 396 cepas isoladas de todas as amostras analisadas (45 amostras de água de galerias pluviais, 45 de água do mar e 45 de sedimento), todas foram identificadas fenotipicamente como *Escherichia coli* (Tabela III). O ponto PRM3 foi o que apresentou maior índice de isolados de *E. coli*, com 169 estirpes (42,7%), seguido dos pontos PM2 (34,8%) e PD1 (22,5%).

Tabela III - Número de cepas de *Escherichia coli* isoladas das amostras de água das galerias pluviais (GP), de água do mar (AM) e areia (A) da Praia dos Diários (PD1), Praia do Meireles (PM2) e Praia do Mucuripe (PRM3) localizadas em Fortaleza-Ceará.

Local de Coleta	Origem	Nº de cepas positivas	Porcentagem
PD1	GP	28	7,1
	AM	44	11,1
	A	17	4,3
PM2	GP	71	17,9
	AM	30	7,6
	A	37	9,3
PRM3	GP	71	17,9
	AM	62	15,7
	A	36	9,1
Total		396	100,0

DISCUSSÃO

Quantificações de CT acima do permitido pela legislação (BRASIL, 2000) foram reportadas por Vieira *et al.* (2002a) em amostras de água de galerias pluviais localizadas em zona costeira. Os autores realizaram pesquisa em galerias localizadas na Praia do Meireles e sugeriram que a elevada carga de coliformes pode estar relacionada ao aporte clandestino de esgotos domésticos. Apesar de terem sido verificados índices de CT com ordem de grandeza superior aos do estudo supracitado, os dados obtidos no presente estudo corroboram a assertiva de que a presença de bactérias entéricas na microbiota de águas de galerias pluviais é indicativa de poluição de origem orgânica (Lima *et al.*, 2009).

Quando comparados os NMPs de CT e *E. coli* das amostras de água das galerias pluviais PD1, PM2 e PRM3, observa-se que o mesmo ponto (PM2) apresentou, concomitantemente, a maior frequência de amostras com NMP de CT e *E. coli* acima do limite preconizado (BRASIL, 2000). De acordo com Payment & Robertson (2004), as populações de CT verificadas em amostras de água são compostas predominantemente por *E. coli*. Portanto, explica-se a ocorrência de índices de *E. coli* mais elevados nas amostras com os NMPs de CT mais expressivos (Tabela I).

Todas as galerias pluviais apresentaram amostras com limite de *E. coli* acima de \log_{10} 2,90 mL⁻¹. Por fazer parte da microbiota intestinal de indivíduos saudáveis e de outros animais homeotermos, a *E. coli* representa a base do teste para pesquisa de contaminação fecal em água (Trabulsi *et al.*, 2005). Por outro lado, Griffith *et al.* (2010) afirmam que as descargas urbanas oriundas de águas pluviais podem concorrer para alteração da qualidade da água de praias, uma vez que possuem concentrações elevadas de bactérias entéricas, entretanto, não se pode considerar que a microbiota fecal advém somente de fontes humanas. Perez Guzzi *et al.* (2000) verificaram resultados coincidentes com os do presente estudo no que se refere a detecção de *E. Coli* e alertam sobre o alto risco para saúde, uma vez que a drenagem de águas pluviais para praias destinadas a uso recreacional não é um fato inusitado.

Na presente pesquisa, foi verificada a qualidade bacteriológica das praias adjacentes às galerias pluviais estudadas. Valores de NMP de CT acima do permitido pela legislação foram detectados com maior frequência nas amostras de água coletadas no ponto sob influência das descargas da galeria com maior índice colimétrico (PM2). Outrossim, a quantificação de CT nas amostras de sedimento úmido

também revelou um padrão que coincidiu com o grau de poluição das galerias (Tabela I).

Cardonha *et al.* (2004) também verificaram índices de CT elevados em três praias da cidade de Natal (RN), tendo como fonte principal e contínua de poluição a presença de um tubo de esgoto de 20 cm de diâmetro ligado clandestinamente à galeria pluvial. Durante a realização das coletas do presente estudo, situações semelhantes foram observadas em Fortaleza (CE), acúmulo de resíduos sólidos e líquidos somavam-se a emissão das fontes difusas das galerias pluviais gerando um ciclo amplificador de poluição capaz de se estender às áreas de recreação.

A presença de *E. coli* em areias de áreas de destinação recreacional já foi reportada no Brasil (Vieira *et al.*, 2002b) e em países do Hemisfério Norte (Ishii *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2006). Davies *et al.* (1995) enumeraram alguns fatores que podem influenciar a sobrevivência de coliformes termotolerantes em sedimentos marinhos, e destacaram como uma das principais variáveis a habilidade desse grupo bacteriano em obter nutrientes que se encontram associados a partículas de sedimento.

No presente estudo, quando comparada a carga bacteriana das amostras de água das praias e de sedimento, observou-se que, apesar de não se verificar índices de NMP superiores a \log_{10} 3,0 no sedimento, os valores médios de NMP de CT e *E. coli* do sedimento sob influência de PM2 foram superiores aos das amostras de água da praia (PM2) coletadas próximas da mesma galeria pluvial (Tabela I). Amostras com densidade de coliformes totais e *E. coli* superiores àquelas verificadas na coluna d'água foram reportados por An *et al.* (2002). Para Ashbolt *et al.* (1993) a quantidade de bactérias em sedimentos pode ser 100 a 1.000 vezes mais elevada do que aquela observada na água.

A incidência de *E. coli* em todas as galerias amostradas e nas unidades amostrais sob influência dos seus deságuas (água do mar e sedimento) foi confirmada pelo isolamento de 396 cepas (Tabela III). Os isolados das galerias corresponderam a 42,9% do total de estirpes, seguido de 34,4% e 22,7% oriundos das amostras de água das praias e sedimento, respectivamente. Esse resultado, somado aos índices de quantificação bacteriana, sugere que as três galerias analisadas representam fonte de poluição de origem fecal para o sedimento e água de praias adjacentes, podendo, portanto, corresponder a uma possível via para instalação de doenças relacionadas a patógenos entéricos nos banhistas que frequentam a região estudada.

A investigação da qualidade bacteriológica de ambientes costeiros destinados a recreação vem

sendo relatada em países desenvolvidos (Shibata *et al.*, 2004) e pode servir de alerta para autoridades sanitárias. Nos anos de 1999 e 2000 foram registrados 59 surtos de doenças relacionadas à exposição a águas recreacionais nos Estados Unidos, afetando aproximadamente 2.093 indivíduos em 23 Estados. Dos 59 surtos, 36 (61%) provocaram gastroenterites e, em 61 casos, os sorotipos da espécie *E. coli* O121:H19 (11 casos) e O157:H7 (50 casos) foram identificados como agente etiológico responsável (Lee *et al.*, 2002).

Os valores de temperatura e pH não variaram, suficientemente, para provocar alterações nas quantificações de CT e *E. Coli* e, em todas as amostras de água, a oscilação da temperatura (25,2 a 38,1°C) foi compatível com o desenvolvimento de bactérias mesófilas (Tôrres, 2004). Do mesmo modo, os valores médios de pH, que se mostraram próximos da neutralidade, apresentaram-se dentro do limite reconhecido como ótimo para o crescimento de coliformes termotolerantes (Payment & Robertson, 2004).

A partir da correlação linear entre os dados de condutividade e salinidade, as amostras de água das galerias foram classificadas como predominantemente salobras ($r = 0,9798$; $P < 0,01$), e as unidades amostrais oriundas das praias foram caracterizadas majoritariamente como salinas ($r = 0,8171$; $P < 0,05$) (Figura 2).

A diferença entre os níveis de salinidade pode ter influenciado no NMP de CT das amostras de água analisadas. O efeito tóxico da salinidade da

água do mar para CT já é amplamente reconhecido e reportado na literatura (Anderson *et al.*, 1979; Šolić & Krstulović, 1992). Recentemente, Sinton *et al.* (2002) demonstraram que os CTs, incluindo *E. coli*, são mais susceptíveis a inativação pela radiação solar quando expostos a concentrações altas de salinidade.

Os valores do oxigênio dissolvido (OD) foram inferiores a 2,6 mg L⁻¹, com os menores teores tendo sido detectados nas galerias pluviais (Tabela II), caracterizando esses aportes como subóxicos/anóxicos que, segundo Lacerda & Malm (2008), possuem níveis de oxigênio incompatíveis com o desenvolvimento de vida aquática e resultam do impacto provocado por poluentes associados a sistemas deficientes de esgotamento sanitário.

Anoxia e subanoxia ocorrem devido a impossibilidade de trocas de oxigênio com a atmosfera e podem ser agravadas pelo aporte de matéria orgânica, uma vez que a degradação microbiológica de compostos orgânicos concorre para depleção do oxigênio dissolvido na água (Rebouças *et al.*, 1999). Esses fatores podem ter contribuído para as baixas concentrações de OD verificadas nas amostras de água das galerias (Tabela II), posto que sua aeração depende das vazões de percolação até o deságüe nos corpos receptores, ou seja, nas praias adjacentes.

A inexistência de correlação significativa entre o teor de OD das águas (galerias e praias) e as cargas de CT (Figura 3), confirma a conclusão de que a detecção de OD não deve ser considerada como um in-

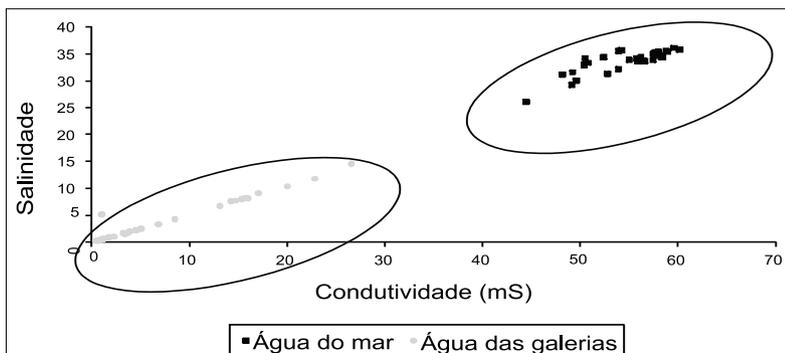
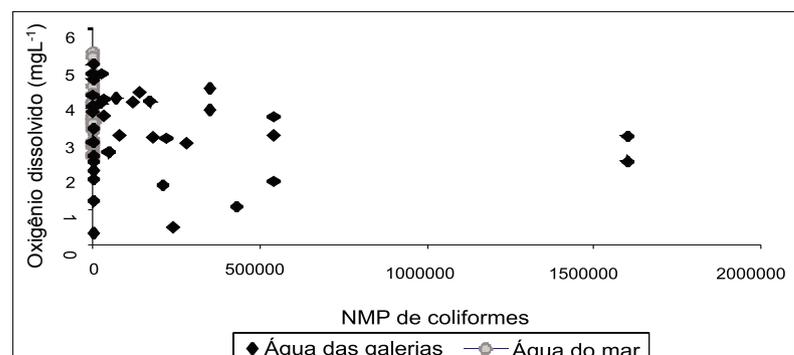


Figura 2 - Correlação entre salinidade e condutividade das águas do mar e das galerias pluviais nos diferentes pontos amostrados.

Figura 3 - Correlação entre o teor de oxigênio dissolvido e o Número Mais Provável (NMP) de coliformes fecais.



dicador eficaz de contaminação por esgotos domésticos em países tropicais (Marins *et al.*, 2004). Apesar de ser utilizado comumente nos países de clima temperado, o teor de OD, em países de clima tropical sofre influência de muitas variáveis que comprometem a sua eficácia como indicador de qualidade ambiental.

Os maiores valores de Eh foram observados em amostras de água (galeria e praia adjacente) coletadas em PD1 (Tabela 2), que corresponde ao ponto com menores índices de NMP de CT e *E. coli*. O papel de bactérias na geoquímica ambiental foi descrito por Mills (1999). A atividade microbiológica tende a alterar os valores de Eh provocando sua diminuição. Além disso, o limite de Eh compatível com a presença de bactérias é de 800 mV (condições completamente aeróbicas) a - 350 - 450 mV (ocorrência de metanogênese).

Considerando os resultados bacteriológicos e hidroquímicos, as galerias pluviais analisadas apresentaram-se como fontes pontuais de poluição de origem fecal para praias (água e sedimento) da zona costeira de Fortaleza. Diante do exposto, alerta-se para o risco que esses sistemas de drenagem urbana podem representar para Saúde Pública, uma vez que foram verificadas condições de balneabilidade aquém daquelas preconizadas pela legislação vigente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- An Y-J; Kampbell, D.H. & Breidenbach, P. *Escherichia coli* and total coliforms in water and sediments at lake marinas. *Environ Pollut.*, v.120, n.3, p.771-778, 2002.
- Anderson, I.C.; Rhodes, M. & Kator, H. Sublethal stress in *Escherichia coli*: a function of salinity. *Appl Environ Microbiol.*, v.38, n.6, p.1147-1152, 1979.
- Ashbolt, N.J.; Grohmann, G.S. & Kueh, C. Significance of specific bacterial pathogens in the assessment of polluted receiving waters of Sydney. *Wat. Sci. Tech.*, v.27, n.3-4, p.449-452, 1993.
- Blodgett, R. Appendix 2: most probable number from serial dilutions. In: Bacteriological Analytical Manual *on line*. 2001. Disponível em: <http://www.cfsan.fda.gov/~edam/bam-a2.html>. Acesso: 10 / 01 / 2008.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2000.
- Cardonha, A.M.; Vieira, R.H.S.F; Rodrigues, D.P.; Macrae, A.; Peirano, G. & Teophilo, G.N.D. Fecal pollution in water from storm sewers and adjacent seashores in Natal, Rio Grande do Norte, Brazil. *Int Microbiol.*, v.7, p.213-218, 2004.
- Davies, C.M.; Long, J.A.; Donald, M. & Ashbolt, N.J. Survival of fecal microorganisms in marine and freshwater sediments. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.61, n.5, p.1888-1896, 1995.
- Feng, P.; Weagant, S.D. & Grant, M.A. Enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria. In: Bacteriological Analytical Manual *on line*. 2002. Disponível em: <http://www.cfsan.fda.gov/ebam/bam-4.html>. Acesso em: 14/05/2008.
- Griffith, J.F.; Schiff, K.C.; Lyon, G.S. & Fuhrman, J.A. Microbiological water quality at non-human influenced reference beaches in southern California during wet weather. *Mar. Poll. Bull.*, v.60, n.4, p.500-508, 2010.
- Ishii, S.; Hansen, D.L.; Hicks, R.E. & Sadowsky, M.J. Beach sand and sediments are temporal sinks and sources of *Escherichia coli* in Lake Superior. *Environ. Sci Technol.*, v.41, p.2203-2209, 2007.
- Lacerda, L.D. & Malm, O. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. *Est. Avan.*, v.22, n.63, p.173-190, 2008.
- Lee, S.H.; Levy, D.A.; Craun, G.F.; Beach, M.J. & Calderon, R.L. Surveillance for waterborne-disease outbreaks-United States, 1999-2000. *MMWR Surveil Summ.*, v.51, n.8, p.1-47, 2002.
- Lee, C.M; Lin, T.Y.; Lin, C.C.; Kohbodi, G.A.; Bhatt, A.; Lee, R. & Jay, J.A. Persistence of fecal indicator bacteria in Santa Monica Bay beach sediments. *Water Res.*, v.40, n.14, p.2593-2602, 2006.
- Lima, D.S.C.; Peixoto, J.R.O.; Costa, R.A.; Vieira, G.H.F. & Koch, J. Influência das galerias pluviais para poluição de origem fecal do Rio Acaraú, no trecho urbano de Sobral-Ceará. *Bol. Téc. Cient. CEPNOR*, Belém, v.9, p.151-157, 2009.
- Lourenço, E.M.L.; Vieira, G.H.F.; Festivo, M.L.; Rodrigues, D.P. & Vieira, R.H.S.F. Balneabilidade das praias do Odus e das Barreiras (Camocim, Ceará). *Bol. Téc. Cient. CEPNOR*, Belém, v.6, n.1, p.19-32, 2006.
- Marins, R.V.; Paula Filho, F.J.; Maia, S.R.R.; Lacerda, L.D. & Marques, W.S. Distribuição de mercúrio total como indicador de poluição urbana e industrial na costa brasileira. *Química Nova*, v.27, n.5, p.763-770, 2004.
- Mills, A.L. The role of bacteria in environmental geochemistry, p.125-132, in Plumlee, G.S. & Logsdon, M.J. (eds.), *The environmental geochemistry of mineral deposits. Part A: processes, techniques, and health issues*. Society of Economic Geologists Inc., Littleton, 1999.

- Payment, P. & Robertson, W. The microbiology of piped distribution systems and public health, p. 1-18, in Ainsworth, R. (ed.), *Safe piped water: Managing microbial water quality in piped distribution systems*. IWA Publishing, 147 p., Londres, 2004.
- Perez Guzzi, J.I.; Folabella, A.; Miliwebsky, E.; Rivas, M.; Fernandez Pascua, C.; Gomez, D.; Zamora, A.; Zotta, C. & Cordoba, M. Isolation of *Escherichia coli* O157:H7 in storm drains in the city of Mar del Plata with bacterial contamination of fecal origin. *Rev Argen Microbiol.*, v.32, n.3, p.161-164, 2000.
- Rebouças, A.C.; Braga, B. & Tundisi, J.G. *Águas doces no Brasil. Capital ecológico, uso e conservação*. Escrituras, 718 p., São Paulo, 1999.
- Shibata, T.; Solo-Gabriele, H.M.; Fleming, L.E. & Elmir, S. Monitoring marine recreational water quality using multiple microbial indicators in an urban tropical environment. *Water Res.*, v.38, n.13, p.3119-3131, 2004.
- Sinton, L.W.; Hall, C.H.; Lynch, P.A. & Davies-Colley, R.J. Sunlight inactivation of fecal indicator bacteria and bacteriophages from waste stabilization pond effluent in fresh and saline waters. *Appl Environ Microbiol.*, v.68, n.3, p.1122-1131, 2002.
- Šolić, M. & Krstulović, N. Separate and combined effects of solar radiation, temperature, salinity, and pH on the survival of faecal coliforms in seawater. *Mar. Pollu. Bull.*, v.24, n.8, p.411-416, 1992.
- Tôrres, R.C.O. *Escherichia coli*, p.125-139, in Vieira, R.H.S.F. (ed.), *Microbiologia, higiene e qualidade do pescado*. Varela Editora, 380 p., São Paulo, 2004.
- Trabulsi, L.R.; Ordoñez, J.G. & Martinez, M.B. Enterobacteriaceae, p.269-276, in Trabulsi L.R. & Alterthum, F. (eds.), *Microbiologia*. Atheneu, 718 p., São Paulo, 2005.
- Vieira, R.H.S.F.; Catter, K.M.; Saker-Sampaio, S.; Rodrigues, D.P.; Theophilo, G.N.D. & Fonteles-Filho, A.A. The stormwater drain system as a pollution vector of the seashore in Fortaleza (Ceará State, Brazil). *Braz. J. Microbiol.*, v.33, p.294-298, 2002a.
- Vieira, R.H.S.F.; Evangelista, N.S.S. & Rodrigues, D.P. Colimetria das águas marinhas de Fortaleza (Ceará, Brasil) e detecção e cepas de *Escherichia coli* enteroinvasora (EIEC) e enteropatogênica clássica (EPEC). *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, v.30, n.1-2, p.27-31, 1996.
- Vieira, R.H.S.F.; Rocha, C.A.S.; Menezes, F.G.R.; Aragão, J.S.; Rodrigues, D.P.; Theophilo, G.N.D. & Reis, E.M.F. Poluição da água do mar e da areia de três praias de Fortaleza, Ceará, Brasil. *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, v. 35, p.113-118, 2002b.
- Walk, S.T.; Alm, E.W.; Calhoun, L.M. Mladonicky, J. M. & Whittam T.S. Genetic diversity and population structure of *Escherichia coli* isolated from freshwater beaches. *Environ Microbiol.*, v.9, n.9, p.2274-2288, 2007.