

ESTUDO DA VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE PRAIAS DO LITORAL DO ESTADO DE S. PAULO

LAMPARELLI, C.C.; TRUZZI, A.C.; HACHICH, E.M.; CAIRES, M.M.; GALVANI, A.T. & SATO, M.I.Z

Claudia Condé Lamparelli * ⁽¹⁾

Bacharel em Ciências Biológicas e Mestre em Ecologia pelo Instituto de Biociências da USP, Doutora em Saúde Pública pela USP. Atua na CETESB, na área qualidade de águas costeiras, onde atualmente ocupa o cargo de Gerente da do Setor de Águas Litorâneas responsável pelo monitoramento das condições de balneabilidade das praias.

Ana Cristina Truzzi*

Bacharel em Estatística pelo Instituto de Matemática e Estatística da USP. Trabalha com estatística aplicada às questões ambientais há 7 anos, atualmente atuando na CETESB nas áreas de qualidade das águas litorâneas e interiores.

Maria Inês Zanoli Sato**

Bacharel em Ciências Biológicas, Mod. Médica e Mestre em Microbiologia e Imunologia pela Escola Paulista de Medicina, São Paulo, SP. Doutora em Microbiologia pelo Instituto de Ciências Biomédicas, USP, São Paulo. Atua na CETESB, na área de Microbiologia e Mutagênese Ambiental, onde atualmente ocupa o cargo de Gerente da Divisão de Análises Microbiológicas Ambientais.

Maristela Musco de Caires*

Biomédica (Bacharelado em Ciências Biológicas - Mod. Médica, UNISA, SP, 1981). Especialização em Engenharia de Controle de Poluição pela Fac. De Saúde Pública - USP, 21 anos de experiência profissional na CETESB, atuando há 16 anos em microbiologia e parasitologia e há 5 anos nas áreas de qualidade das águas litorâneas e interiores.

Elayse Maria Hachich**

Farmacêutica-bioquímica (Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, São Paulo, SP-1973), 24 anos de experiência profissional, atuando em Microbiologia Ambiental há 6 anos, gerente do Setor de Microbiologia e Parasitologia da CETESB.

Ana Tereza Galvani**

Farmacêutica-bioquímica (Bacharelado em Farmácia e Bioquímica, Fundação Hermínio Ometto, Araras, SP, 1989), 10 anos de experiência profissional, atuando há 8 anos em Microbiologia Ambiental no Setor de Microbiologia e Parasitologia da CETESB

* Departamento de Recursos Hídricos e Assistência Técnica

** Departamento de Análises Ambientais

Endereço⁽¹⁾: Av. Prof. Frederico Hermann Jr 345 – Alto de Pinheiros – São Paulo - CEP: 05489-900 - Brasil - Tel: (011) 3030-6078 Fax: (011) 3030-6079 - e-mail: Claudial@cetesb.br

ESTUDO DA VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE PRAIAS DO LITORAL SUL DO ESTADO DE S. PAULO

RESUMO

Com o objetivo de verificar a variabilidade dos coliformes fecais, indicadores de poluição fecal utilizados pela CETESB no monitoramento das condições de balneabilidade das praias paulistas, foi realizado um estudo em dez pontos do litoral do Estado de São Paulo.

As amostragens foram realizadas em dois finais de semana durante o verão de 1998. As amostras de água do mar foram colhidas em três trechos da cada praia e em horários diferentes abrangendo vários níveis de maré. Foram realizadas análises para determinação de vários indicadores microbiológicos: coliformes fecais, *E. coli*; enterococos e bacteriófagos. Os resultados dessas análises foram utilizados para a comparação estatística entre, locais, indicadores, trechos de praia e horário refletindo a maré.

A partir desse estudo foi possível concluir que, com relação à variação temporal, houve diferença estatisticamente significativa entre as diferentes marés, no que se refere aos valores médios dos indicadores para todas as praias selecionadas. Para todos os indicadores microbiológicos analisados com exceção dos enterococos, os valores médios na maré enchente foram menores que aqueles observados na maré vazante. No tocante à variação espacial, foram observadas diferenças significativas do nível de contaminação dos diferentes locais amostrados, embora não tenha sido observada diferença entre os trechos de uma mesma praia. Para a comparação dos indicadores de poluição fecal, foi estudada a relação entre os valores obtidos para coliformes fecais e os outros três indicadores analisados. Através de regressão linear, foi observada correlação positiva significativa nos três casos, sendo a obtida para *Escherichia coli*, a que apresentou valor mais elevado ($r=0.98$).

Palavras chave: Balneabilidade; Indicadores Microbiológicos; Qualidade de água

INTRODUÇÃO

O “Programa de Balneabilidade das Praias litorâneas” da CETESB, iniciado em 1974, possui, atualmente, uma rede de monitoramento composta por 139 pontos de amostragem, distribuídos em 118 praias distribuídas ao longo dos 15 municípios litorâneos do Estado de São Paulo. As praias que fazem parte dessa rede, possuem alta frequência de banhistas, além da presença de adensamento urbano próximo que representa possível fonte de poluição fecal (CETESB, 1999).

O monitoramento é realizado através de coletas de água do mar e posterior análise bacteriológica. Essas amostras são coletadas na profundidade aproximada de 1 metro, que representa a área mais utilizada para a recreação, observando-se uma certa distância da área de influência de cursos d’água eventualmente contaminados. As condições de amostragem devem ser aquelas consideradas as mais críticas, sendo as coletas realizadas aos domingos, dia de maior afluência do público às praias e, preferencialmente, na maré vazante, na qual, a princípio, se observa maior contribuição e menor diluição dos efluentes.

De acordo com a *Resolução CONAMA nº 20/86* as praias com densidades de coliformes fecais superiores a 1000 NMP/100 mL em duas ou mais amostras de um conjunto de cinco, coletadas em semanas consecutivas, são classificadas como impróprias para recreação de contato primário, indicando um comprometimento na qualidade sanitária dessas águas e implicando em um aumento no risco de contaminação do banhista, o que a torna, assim, desaconselhável para o banho.

O indicador de poluição fecal utilizado, o coliforme fecal, apresenta grande variabilidade no meio marinho, pois uma série de fatores podem influenciar sua concentração na água. Entre os fatores que determinam a qualidade sanitária das águas do mar podem ser citados, a existência de cursos d’água poluídos por esgotos afluindo ao mar, a ocorrência de chuvas, as variações de maré, a fisiografia da praia e as correntes marinhas, entre outros.

Assim sendo, para a avaliação adequada das condições de balneabilidade, algumas questões como a escolha do indicador microbiológico, a representatividade das amostras coletadas num determinado ponto, em relação às condições da praia em toda a sua extensão, e a interferência das marés são importantes em termos metodológicos.

Nesse sentido, com o objetivo de se avaliar esses aspectos, foi realizado um estudo em praias do litoral paulista em 1998, para verificar a variação espacial e temporal de diferentes indicadores microbiológicos obtidos na água do mar, além da comparação do indicador atualmente utilizado pela CETESB, com outros empregados em outros países.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

Para o desenvolvimento do estudo foram realizadas duas campanhas de coletas de amostras de água do mar, em fevereiro e março de 1998, em 10 pontos do litoral paulista, situados nos municípios de Bertioga (praia da Enseada), Guarujá (praias da Enseada, Pitangueiras e Astúrias), Santos (praias de Aparecida, Embaré e José Menino) e Praia Grande (praias de Boqueirão, Ocian e Vila Mirim).

As coletas foram realizadas em três trechos de praia: um ponto central e em mais dois pontos equidistantes de aproximadamente 300m a direita e a esquerda do ponto especificado. Essa amostragem foi realizada em três horários diferentes, contemplando as variações de maré (alta, vazante, baixa e enchente) e totalizando 90 amostras em cada campanha. Essas amostras foram trazidas para os laboratórios da CETESB, em São Paulo e, imediatamente, analisadas para a determinação dos seguintes indicadores: coliformes fecais, *Escherichia coli*, enterococos e bacteriófagos F-específicos.

Análises Microbiológicas

A concentração de coliformes fecais e *Escherichia coli* foram determinadas pela técnica de membrana filtrante, utilizando-se o meio M-TEC- e substrato de uréia (Dufour et al, 1981). Os enterococos também foram analisados pela técnica de membrana filtrante, utilizando-se o meio ME/EIA, de acordo com a metodologia descrita no “Standard Methods” 19ª ed.. Para a determinação de bacteriófagos F-específicos foi utilizada a metodologia de plaqueamento direto, empregando-se como bactéria hospedeira a *Escherichia coli* 15597, segundo Norma Técnica CETESB L5.233.

Análise Estatística

A análise da variação temporal, comparando os diferentes estágios de marés, para os 4 indicadores microbiológicos avaliados, foi feita através da técnica estatística de Análise de Variância (ANOVA). O modelo utilizado foi composto por dois fatores: Local (as 10 praias que fizeram parte do estudo) e Maré (enchente, alta, vazante e baixa), e sua respectiva interação. Quando o resultado da ANOVA foi considerado estatisticamente significativo, utilizou-se o método de comparações múltiplas de Tukey. O nível de significância adotado em todos os testes foi de 5% e as análises realizadas com o auxílio do programa estatístico “Statgraphics Plus” v2.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação da variabilidade temporal dos resultados obtidos para os diversos indicadores microbiológicos, mostraram que houve diferença estatisticamente significativa entre os diferentes locais (praias) e as diferentes marés, quanto aos valores médios dos indicadores. Além disso, não foi detectada, em nenhum caso, interação significativa entre esses fatores, ou seja, o comportamento observado nas diferentes marés foi o mesmo em todas as dez praias selecionadas para o estudo.

Para todos os indicadores microbiológicos analisados, os menores valores médios foram obtidos na maré enchente, e os maiores foram registrados na maré vazante. Além disso, foi detectada diferença estatisticamente significativa entre estas duas marés quanto aos valores médios de todos os indicadores, com exceção do enterococos (Figura 1).

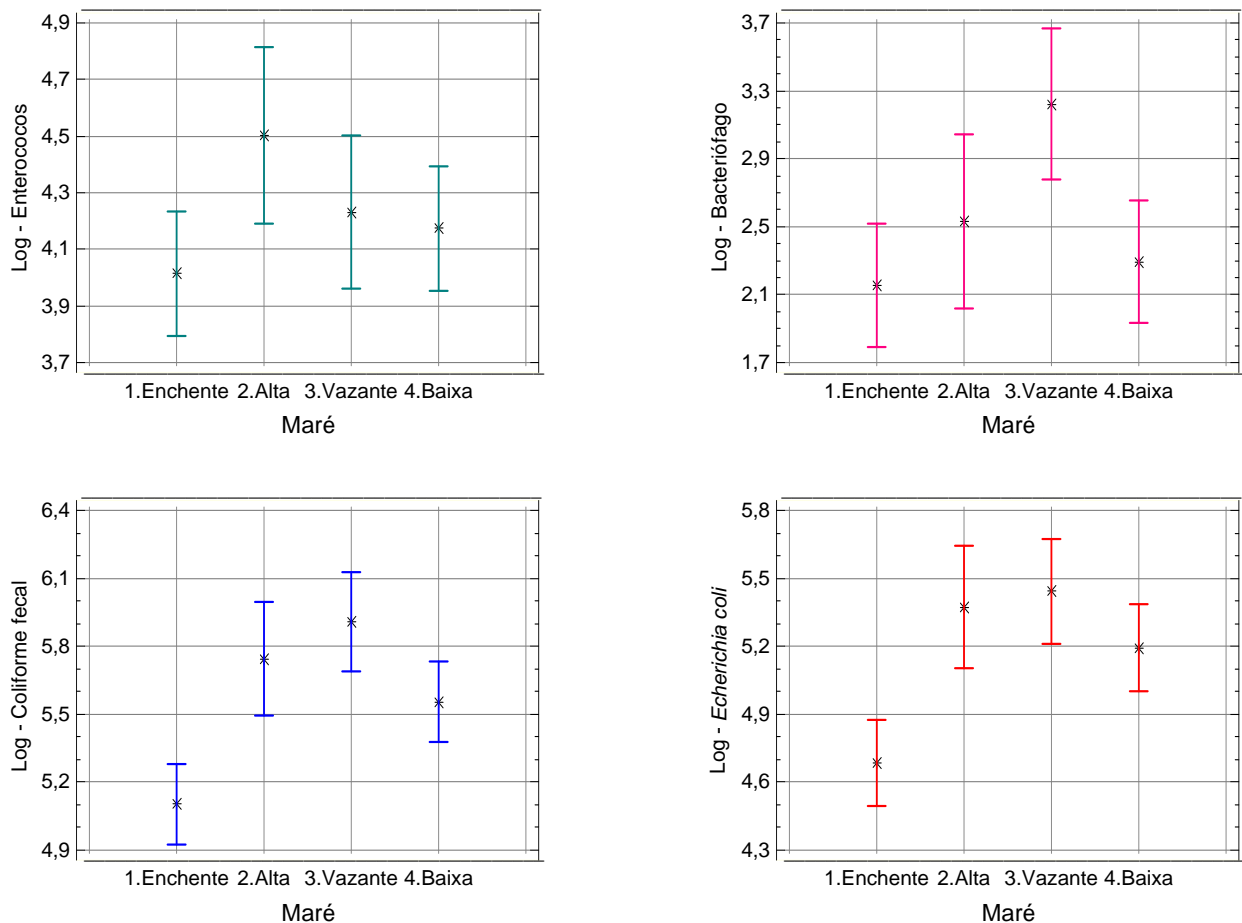


Figura 1: Comparação entre os valores obtidos nas diferentes fases de maré: intervalo de confiança 95% para a média dos indicadores segundo o Método de Tukey.

No que se refere às variações espaciais, para avaliar se o comportamento dos indicadores podia ser considerado semelhante ou não, nos três trechos monitorados em cada praia, foram utilizadas duas abordagens:

Para a comparação entre os três trechos de cada uma das 10 praias selecionadas, quanto aos valores dos indicadores microbiológicos, utilizou-se a aplicação do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis devido ao baixo número de observações. Através dele verificou-se que os índices dos indicadores não apontaram diferença significativa entre os três trechos monitorados, para todas as praias estudadas (Figura 2).

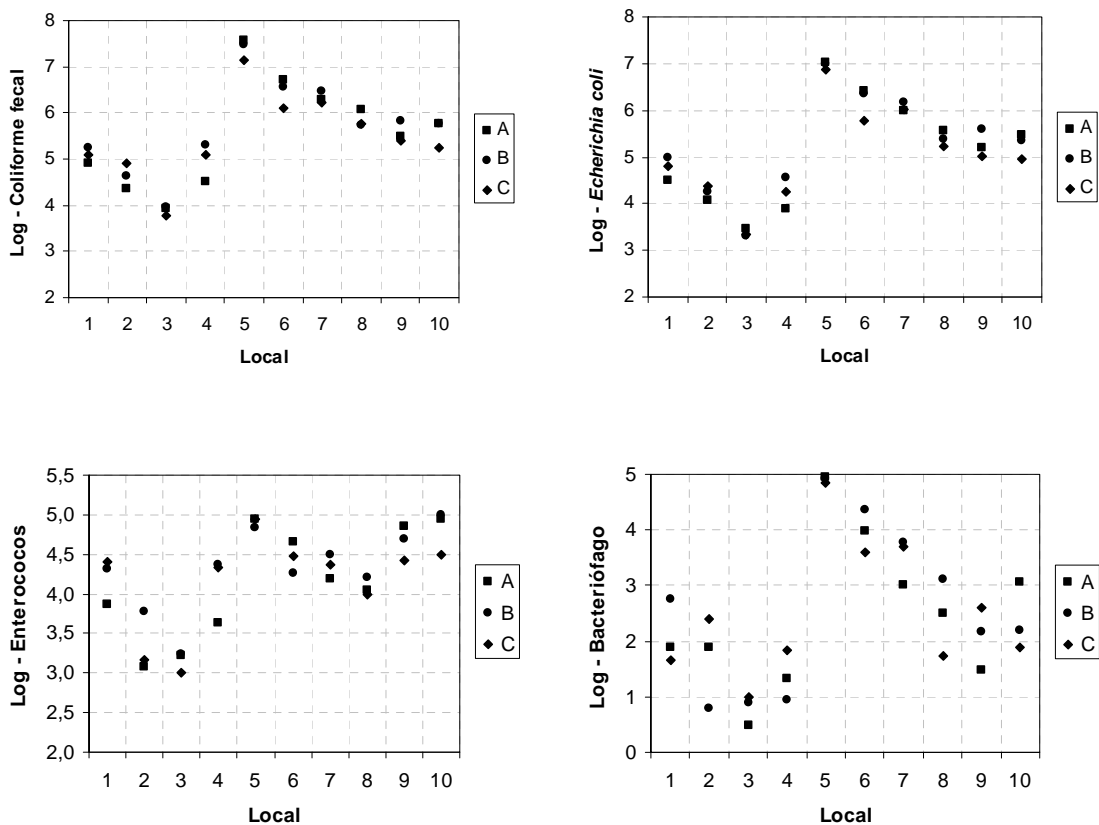


Figura 2: Comparação entre os resultados médios dos indicadores microbiológicos obtidos nos três trechos (A,B e C) amostrados em cada praia (local).

Locais: Praia - Município

- | | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1- Enseada - Bertioga | 6 - Embaré - Santos |
| 2- Enseada - Guarujá | 7 - José menino - Santos |
| 3- Pitangueiras - Guarujá | 8 - Boqueirão - Praia Grande |
| 4- Astúrias - Guarujá | 9 - Ocian - Praia Grande |
| 5- Aparecida - Santos | 10 - Vila mirim - Praia Grande |

Além disso, comparou-se os valores obtidos nos três diferentes trechos de -praia, quanto ao atendimento aos padrões estabelecidos pela legislação. Para coliformes fecais, utilizou-se o limite definido pela Resolução CONAMA nº 20/86, de 1000 NMP/100mL, e, para enterococos e bacteriófagos utilizaram-se os padrões estabelecidos pela “USEPA” (Environmental Protection Agency - Estados Unidos) e “Environmental Canada”, correspondendo a 104 NC.MF/100mL e 20 UFP/100mL, respectivamente.

De acordo com o padrão adotado para coliformes fecais, observou-se concordância de valores acima ou abaixo desse índice, para 82% das amostras. Para os outros dois indicadores microbiológicos, a concordância ficou em torno de 70% como pode ser observado na Figura 3. Nota-se, portanto, que quando comparados à um limite estabelecido, os índices obtidos para os trechos apresentaram, em sua maioria, o mesmo comportamento.

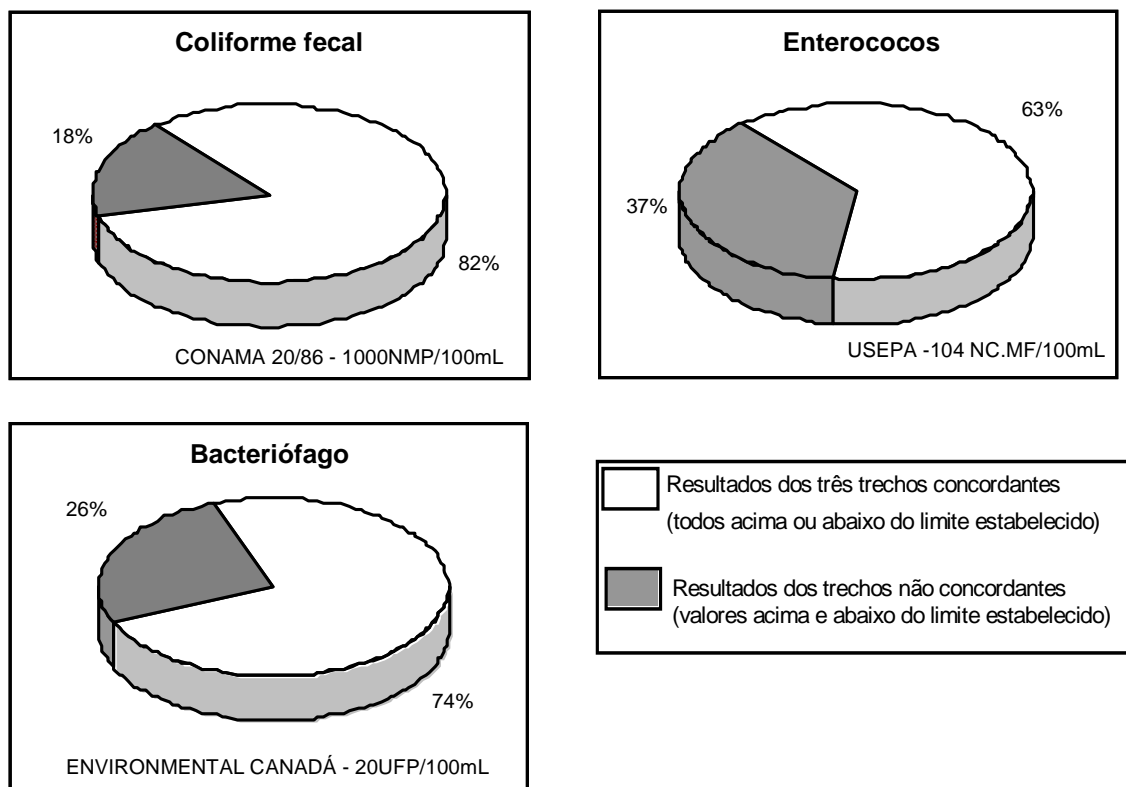


Figura 3: Porcentagem de resultados concordantes e não concordantes em relação aos limites estabelecidos pela legislação, comparando-se os três trechos de praia amostrados.

Para comparação dos indicadores de poluição fecal, foi estudada a relação entre os valores obtidos para coliformes fecais e os outros três indicadores, utilizando-se o coeficiente de correlação de Pearson. Os resultados mostram correlação positiva significativa nos três casos, sendo aquela obtida com *Escherichia coli*, a que apresentou valor mais elevado ($r=0.98$) (Fig 4).

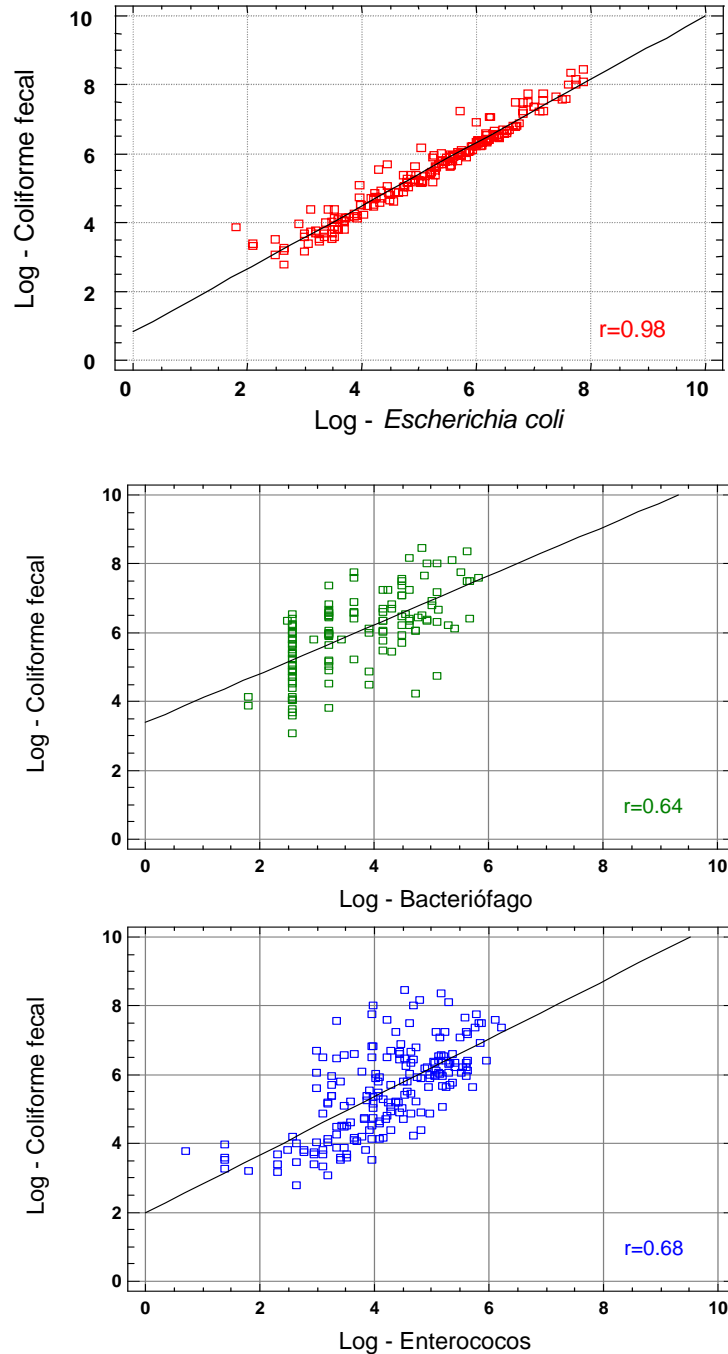


Figura 4: Correlação entre os valores obtidos para os diferentes indicadores microbiológicos analisados – Coeficiente de Pearson.

A partir deste estudo pode-se concluir que os indicadores de poluição fecal utilizados apontaram diferentes níveis de contaminação na água, dependendo do estágio de maré. Os valores mais elevados foram registrados durante a maré vazante. Apesar desta variação temporal, não foi observada variação espacial ao longo de um trecho de 600 de praia. Pode-se inferir, portanto, que no caso dessas dez praias, os índices de poluição fecal foram homogêneos em termos espaciais demonstrando a representatividade de uma amostra pontual, mas apresentaram variações ao longo do dia que precisam ser consideradas numa avaliação de balneabilidade.

Cabe ressaltar também, que apesar dos coliformes fecais serem criticados quanto à sua eficiência como indicadores de poluição fecal, os resultados mostraram sua correlação com os outros indicadores microbiológicos estudados. Esse fato reforça sua aplicação no monitoramento das condições sanitárias das águas marinhas para fins recreativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association & WPCF - Water Pollution Control Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19th ed. Washington, DC, 1995.

CETESB. Bacteriófagos F-específicos - Método quantitativo em amostras de água e esgoto.- Método de ensaio, 1990, 24p.

CETESB. Relatório de Balneabilidade das Praias Paulistas, 1998. Série Relatórios – CETESB. São Paulo, 1999, 203p.

DUFOUR, A.F.; STRICKLAND, E.R. & CABELLI, V.J.(1981). Membrane filter method for enumerating *Escherichia coli*. **Appl. Environ. Microbiol.** **41**: 1152-1158.

Anais do I SEMINÁRIO NACIONAL DE MICROBIOLOGIA APLICADA AO SANEAMENTO. Vitória - 2000. pp 100 -107.