

# **Estudo da Influência da implantação de Emissários Submarinos na Qualidade das Praias**

*(18º SINAPE Simpósio Nacional de Estatística - Águas de São Pedro - 2008)*

Claudia Condé Lamparelli<sup>1</sup>, Dario Nery<sup>1</sup>

## **1. Introdução**

A CETESB monitora e classifica semanalmente 136 praias no litoral paulista. Segundo os critérios estabelecidos na Resolução Conama nº 274/00, as praias são classificadas em quatro categorias diferenciadas; Excelente, Muito Boa, Satisfatória e Imprópria, de acordo com as densidades de bactérias fecais resultantes de análises feitas em cinco semanas consecutivas. As categorias Excelente, Muito Boa e Satisfatória podem ser agrupadas numa única classificação denominada Própria.

Pelo critério adotado, densidades de enterococos superiores a 100 UFC/100 mL em duas ou mais amostras de um conjunto de cinco semanas, ou valores superiores a 400 UFC/100 mL na última amostragem caracterizam a impropriedade da praia para recreação de contato primário. Sua classificação como IMPRÓPRIA, indica um comprometimento na qualidade sanitária das águas, implicando em um aumento no risco de contaminação do banhista e tornando desaconselhável a sua utilização para o banho.

Dentro do monitoramento da qualidade das praias as séries históricas são um importante instrumento para se avaliar a melhora ou não nas condições de balneabilidade. O estudo das séries históricas permite determinar, além das tendências das condições de balneabilidade, a influência de algum tipo de intervenção ou investimento em saneamento na melhoria da qualidade ambiental.

Desde 1979 foram instalados sete emissários submarinos de esgotos sanitários na costa paulista sendo 4 na Baixada Santista (Lamparelli & Ortiz, 2006).

Isso levou a Cetesb a estudar o comportamento da série histórica da porcentagem de impropriedade (porcentagem anual de tempo em que a praia esteve imprópria) de 1976 a 2005 para as praias dos municípios de Santos, Guarujá e Praia Grande, municípios estes que nesse período tiveram instalados emissários submarinos para disposição do esgoto no mar (CETESB, 2006).

Desse modo o objetivo deste estudo é verificar se a implantação dos emissários submarinos de esgotos domésticos nos municípios da Baixada Santista influenciaram a qualidade das praias dos respectivos municípios.

## **2. Metodologia**

Inicialmente procedeu-se a uma verificação da consistência dos dados. Nesta etapa foi conduzido o controle de qualidade da informação existente nos bancos de dados.

A segunda fase foi de análise descritiva dos dados onde estatísticas foram computadas (medidas de posição e de dispersão), histogramas e box-plots foram elaborados.

As inferências foram feitas com base na porcentagem anual de semanas nas quais as praias foram classificadas como impróprias. Foram utilizadas as estatísticas de Levene para comparação das variâncias, estatísticas t e Mann-Whitney para comparação de médias e análises de agrupamento "Cluster Analysis".

O software SPSS 10.0 foi utilizado para as análises. O nível de significância adotado para o estudo foi de 5% e 1%.

## **3. Resultados e Discussão**

### **Município de Santos**

O município de Santos é o mais populoso do litoral paulista e o que apresenta maior cobertura por rede de esgoto, em torno de 98% da população atendida (Sabesp – 2005). Dentre os investimentos em saneamento básico realizados no município destacam-se as construções do emissário submarino em 1979 e das comportas dos canais em 1992. Ambas as intervenções tinham por objetivo melhorar o saneamento básico e conseqüentemente a balneabilidade das praias. Este estudo procura avaliar a magnitude dessas intervenções ao longo dos últimos 30 anos.

Os gráficos de 1 a 6 mostram a evolução da porcentagem de impropriedade nas praias de Santos no período compreendido entre 1976 e 2005. As linhas horizontais mostram a porcentagem média de impropriedade em cada período.

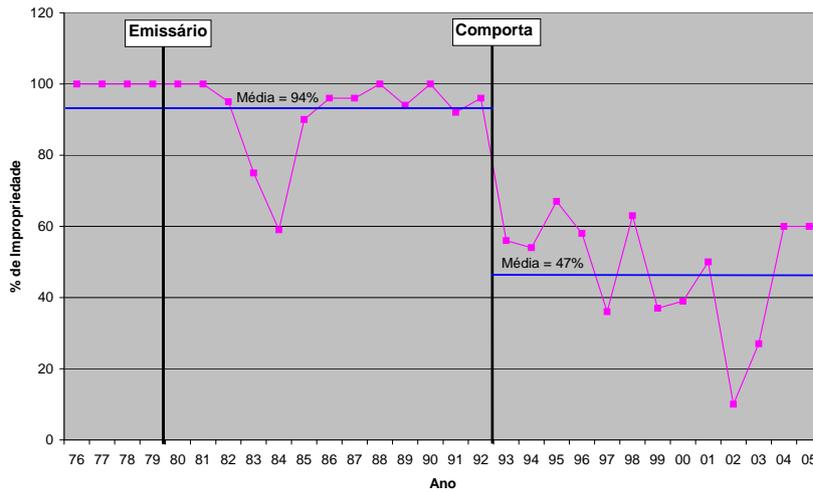


Gráfico 1: Porcentagem de impropriedade na Ponta da Praia – 1976 a 2005

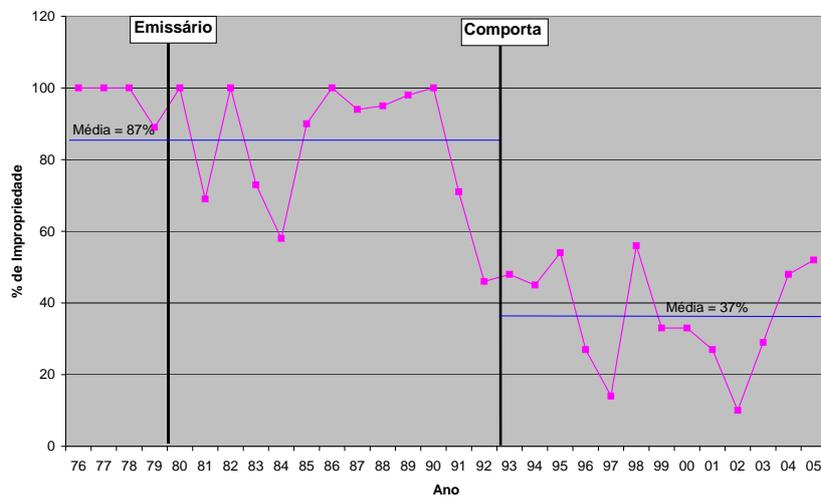


Gráfico 2 : Porcentagem de impropriedade Embaré-Aparecida – 1976 a 2005

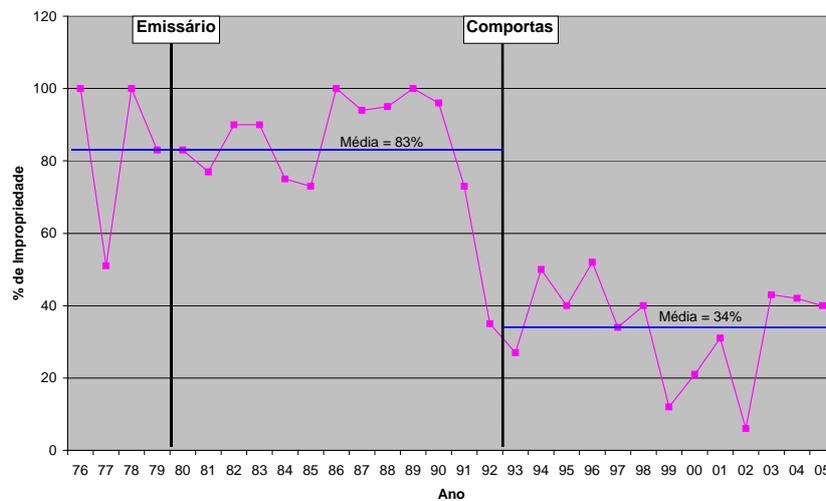


Gráfico 3: Porcentagem de impropriedade Boqueirão – 1976 a 2005

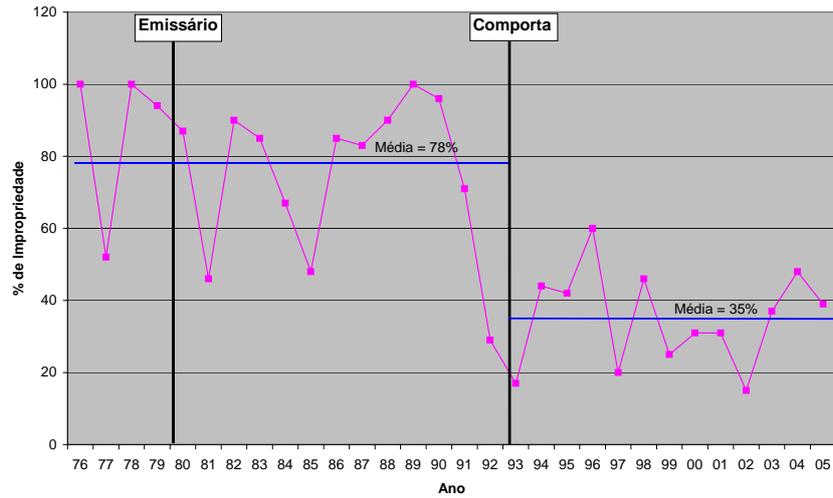


Gráfico 4: Porcentagem de impropriedade Gonzaga – 1976 a 2005

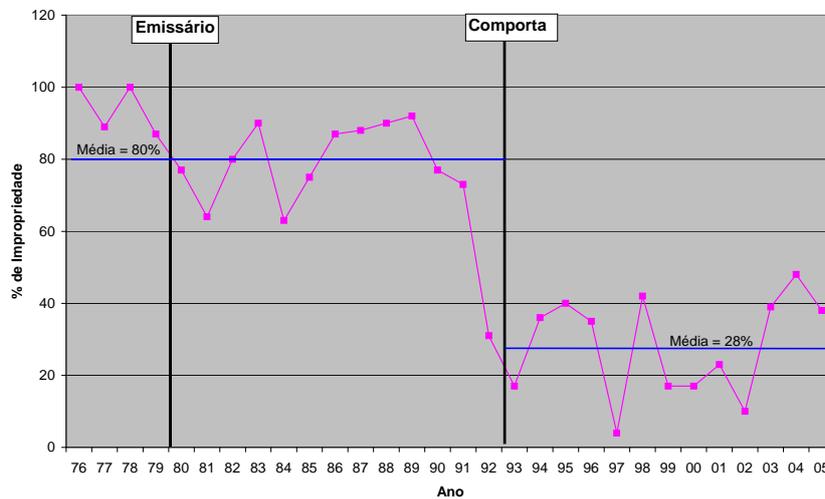


Gráfico 5: Porcentagem de impropriedade José Menino 1 – 1976 a 2005

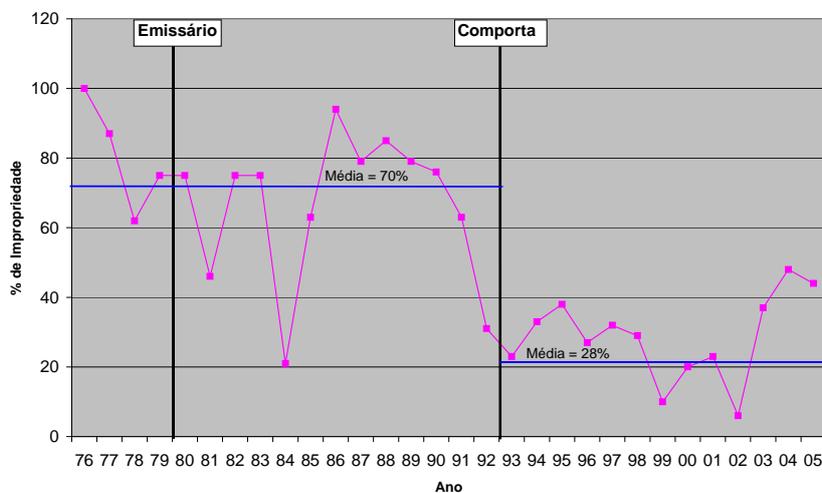


Gráfico 6: Porcentagem de impropriedade José Menino 2 – 1976 a 2005

Por esses gráficos podemos notar que a porcentagem de impropriedade das praias não sofre variação significativa com a construção do emissário submarino. O mesmo não ocorre com a construção das comportas. Após a construção das comportas a porcentagem de impropriedade das praias sofre uma diminuição significativa. Antes da construção das comportas a porcentagem média de impropriedade girava em torno de 82%, caindo para 35% após a construção das mesmas, o que equivale a uma redução média de 47 pontos percentuais.

Nota-se que após a construção do emissário houve uma pequena queda (em torno de 11%) na porcentagem média de impropriedade das praias, queda essa que não se mostrou significativa. A maior diferença na porcentagem média de impropriedade se dá, portanto, após a construção das comportas.

O gráfico 7 mostra a comparação da porcentagem de impropriedade de cada praia nas três épocas e confirma que a maior diferença na porcentagem de impropriedade das praias surge após a construção das comportas, não havendo diferença significativa após a construção do emissário submarino. Após a construção das comportas a porcentagem de impropriedade das praias diminuiu entre 41% e 52%.

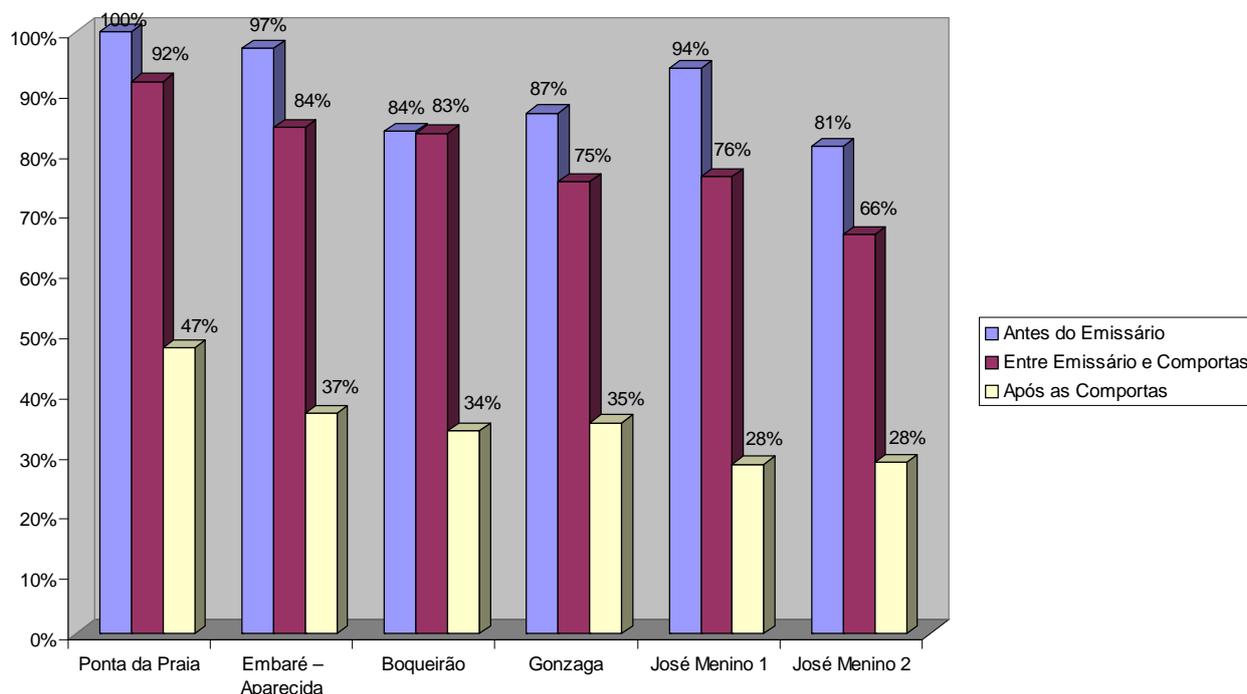


Gráfico 7: Porcentagem de Impropriedade antes e depois das comportas

Concluimos, portanto que a porcentagem de impropriedade começa oscilando em torno de um patamar de 82% até 1992, caindo para um patamar próximo a 35% após 1992. Isto sugere não a existência de uma tendência, mas a

ocorrência de uma mudança na média da porcentagem de impropriedade de cada praia a partir de 1992, ano de construção das comportas. A redução média da taxa de impropriedade após a construção das comportas foi de 47%.

Passou-se então a considerar apenas duas épocas: até 1992, chamado “antes das comportas” e após 1992 “depois das comportas”.

Uma análise da porcentagem de impropriedade de cada praia nesses dois períodos mostra que o comportamento das praias é bastante semelhante em cada período, porém diferem muito de um período para o outro, apresentando uma diminuição da porcentagem de impropriedade após as comportas (gráfico 8).

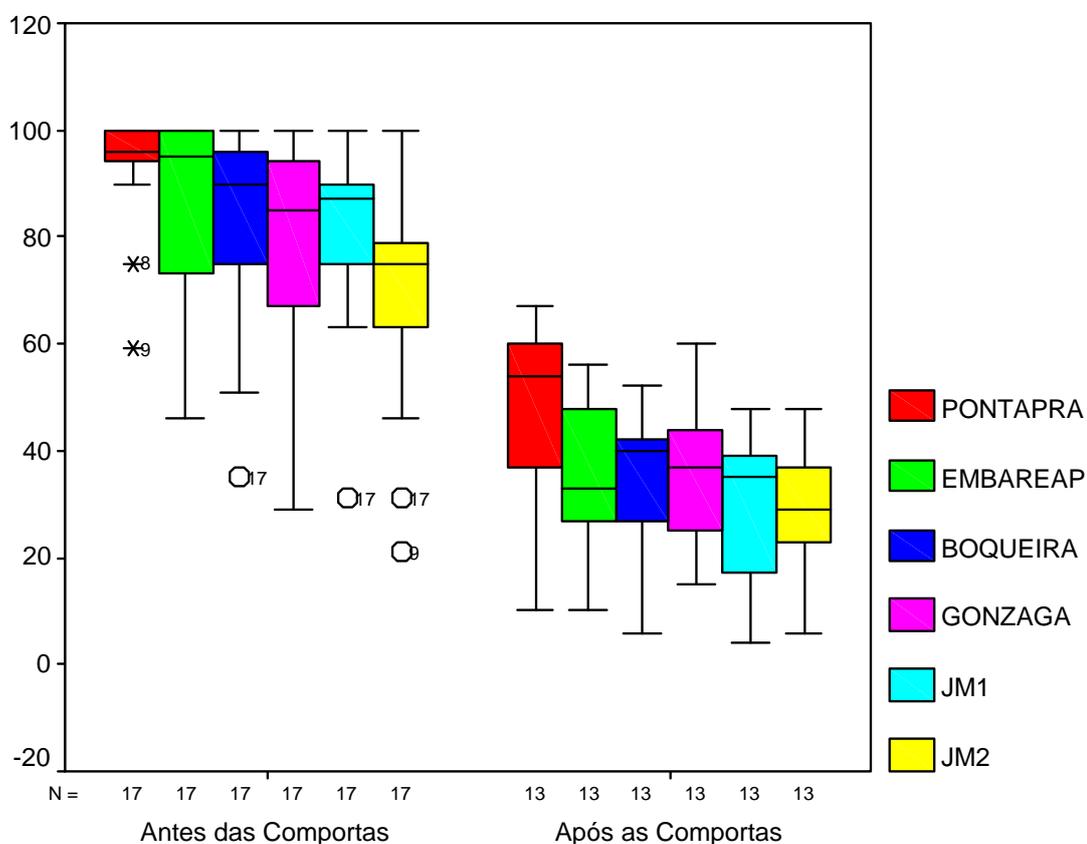


Gráfico 8: Box-Plot para a porcentagem de Impropriedade antes e depois das comportas para cada praia

Para verificar se essa diminuição é de fato significativa, realizou-se a comparação da porcentagem de impropriedade antes e depois das comportas para cada praia.

Primeiramente foi realizado um teste para comparar as variâncias dos dois grupos em cada praia (tabela 1). Adotando-se 1% de significância podemos concluir que em todas as praias as variâncias dos dois grupos podem ser consideradas iguais.

Tabela 1: Teste de Levene para Igualdade das Variâncias

<b>Praia</b>	<b>Estatística F</b>	<b>Significância</b>	<b>Conclusão</b>
Ponta da Praia	4,589	0,041	ns
Embaré – Aparecida	0,151	0,701	ns
Boqueirão	0,494	0,488	ns
Gonzaga	3,927	0,057	ns
José Menino 1	0,024	0,879	ns
José Menino 2	2,231	0,146	ns

Passou-se então á realização do teste t para comparação das médias dos dois grupos assumindo variâncias iguais.

Tabela 2: Comparação das Médias dos dois Grupos

<b>Praia</b>	<b>t</b>	<b>Gl</b>	<b>Significância</b>	<b>Conclusão</b>
Ponta da Praia	9,201	28	0,000	**
Embaré – Aparecida	8,417	28	0,000	**
Boqueirão	8,140	28	0,000	**
Gonzaga	6,200	28	0,000	**
José Menino 1	9,070	28	0,000	**
José Menino 2	6,343	28	0,000	**

\*\* significante a menos de 0,01%

Os resultados da tabela 2 mostram que em todas as praias as médias dos dois grupos podem ser consideradas diferentes, mostrando uma diminuição significativa na porcentagem de impropriedade das praias de Santos após a construção das comportas.

A tabela 3 mostra a média e o respectivo intervalo de confiança para a diferença entre os dois grupos. Nota-se que após a construção das comportas a porcentagem de impropriedade das praias diminuiu entre 41% e 52%.

Tabela 3: Diferença Média e IC de 95% para a Diferença

<b>Praia</b>	<b>Diferença Média</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>IC(95%)</b>
Ponta da Praia	46,24	5,03	[35,95 ; 56,54]
Embaré – Aparecida	50,62	6,01	[38,30 ; 62,94]
Boqueirão	49,54	6,09	[37,07 ; 62,01]
Gonzaga	42,82	6,91	[28,68 ; 56,97]
José Menino 1	52,02	5,74	[40,27 ; 63,77]
José Menino 2	41,30	6,51	[27,96 ; 54,64]

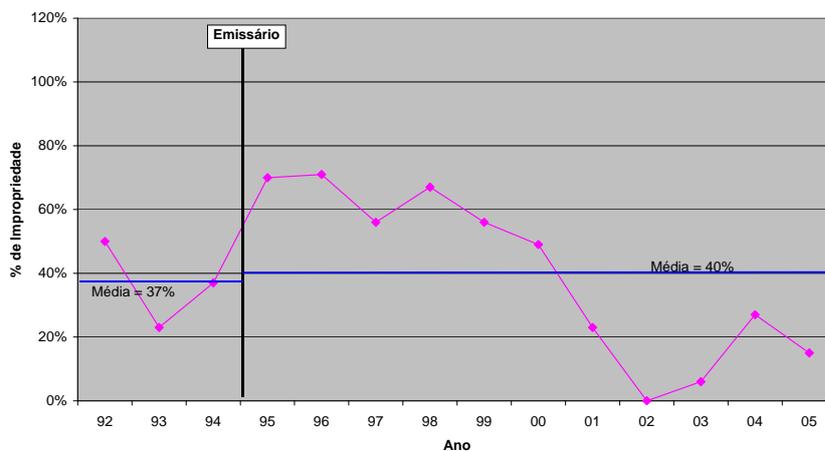
## **Município do Guarujá**

O sistema atual de disposição de esgotos existente no Guarujá consiste de dois sub-sistemas independentes. O principal teve início em 1990 com a construção do emissário submarino da praia da Enseada. De 1990 a 1993 o sistema coletou praticamente a totalidade dos esgotos domésticos dos bairros de Pitangueiras e Enseada, dispendo-os no mar após pré-condicionamento. A partir de 1994 passou a atender também os bairros de Astúrias, Tombo e Guaiúba. Com o rompimento da tubulação detectado em 1996 um novo emissário foi construído ao lado do antigo entrando em funcionamento em 1998. O segundo sub-sistema coleta parcela dos esgotos de Vicente de Carvalho e Morrinhos e os lança, sem tratamento algum, no Rio Acaraú que deságua no estuário de Santos. A população atendida pela rede de esgoto gira em torno de 58% (Sabesp – 2005).

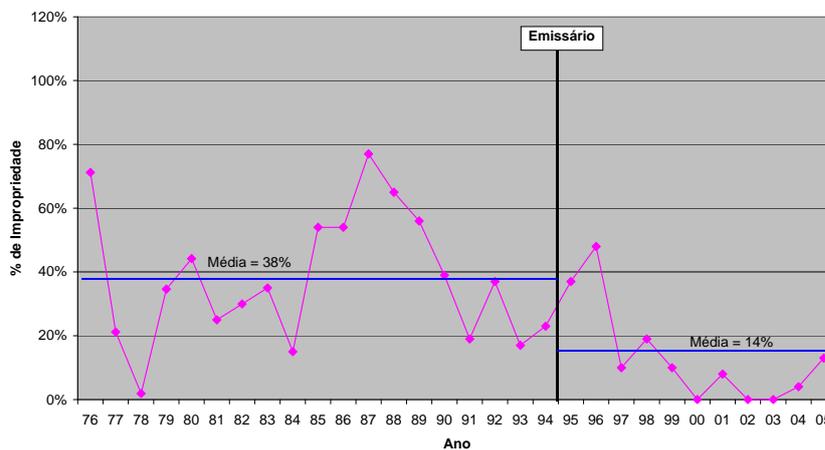
A Cetesb monitora atualmente 7 praias com 11 pontos de amostragem sendo quatro pontos na praia da Enseada e dois na praia de Pitangueiras. Como o sistema de coleta de esgoto não abrange as praias do Perequê e Pernambuco estas não foram incluídas na análise.

Os gráficos 9 a 13 mostram a evolução da porcentagem de impropriedade nas praias do Guarujá no período compreendido entre 1976 e 2005, exceto para os pontos localizados na Praia de Enseada na estrada de Pernambuco e Rua Chile que tiveram início em 1992 e Praia das Pitangueiras (Av. Puglisi) que teve início em 1991. As linhas horizontais mostram a porcentagem média de impropriedade em cada período.

### Estrada de Pernambuco



### Av. Atlântica



### Rua Chile

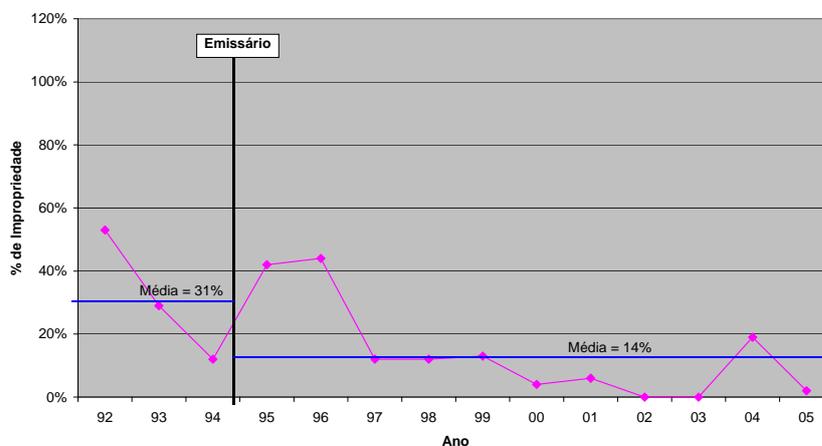
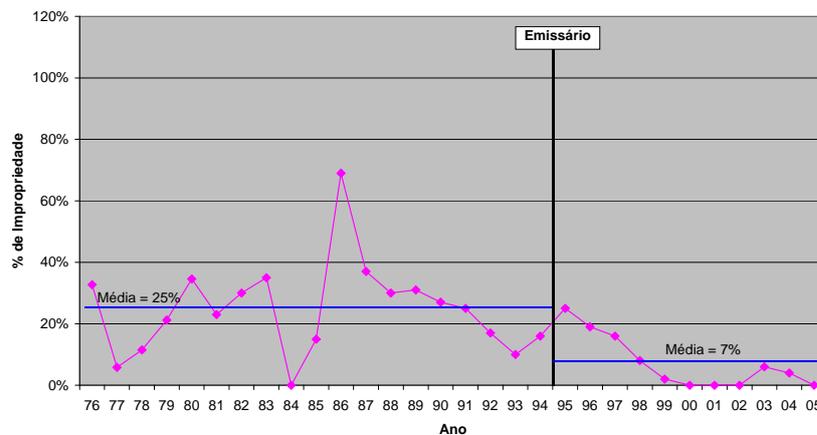


Gráfico 9: Porcentagem de impropriedade na Praia da Enseada

### Rua Silvia Valadão



### Av. Puglisi

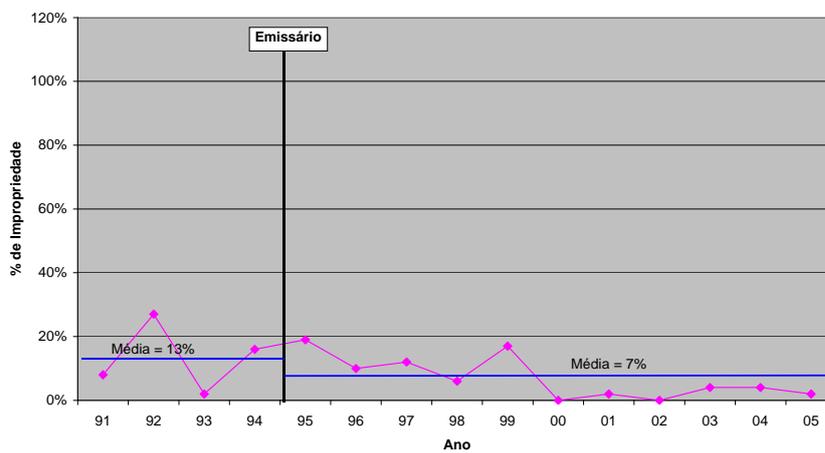


Gráfico 10: Porcentagem de impropriedade na Praia de Pitangueiras

### Astúrias

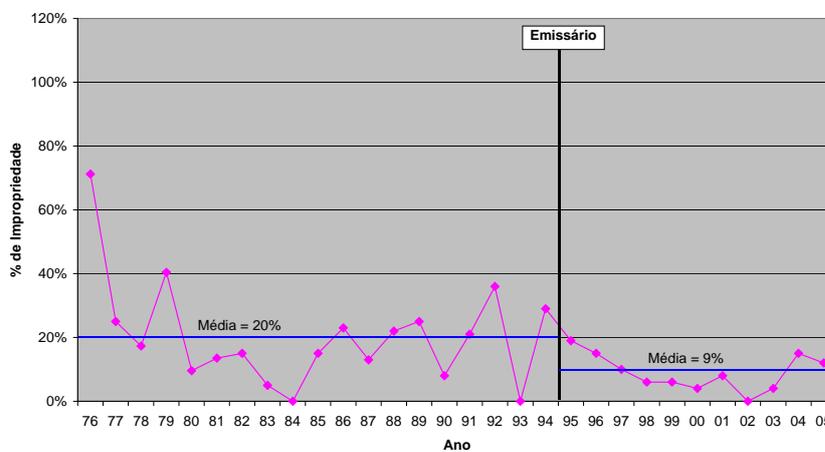


Gráfico 11: Porcentagem de impropriedade na Praia das Astúrias

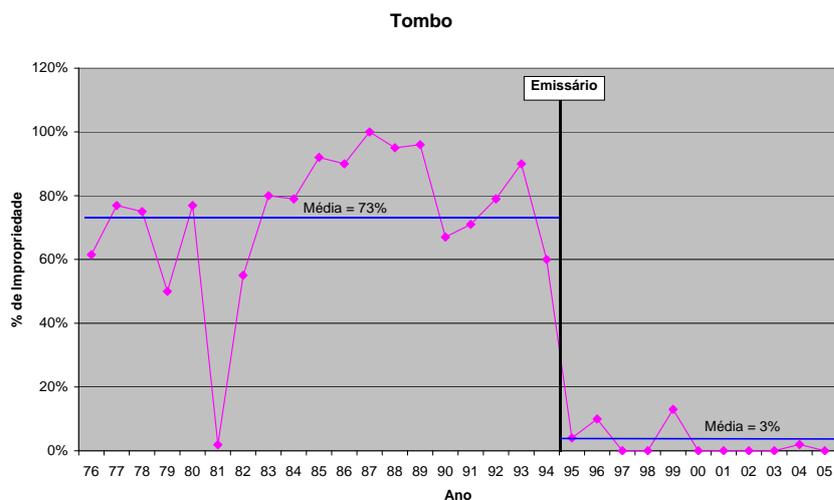


Gráfico 12: Porcentagem de impropriedade na Praia do Tombo

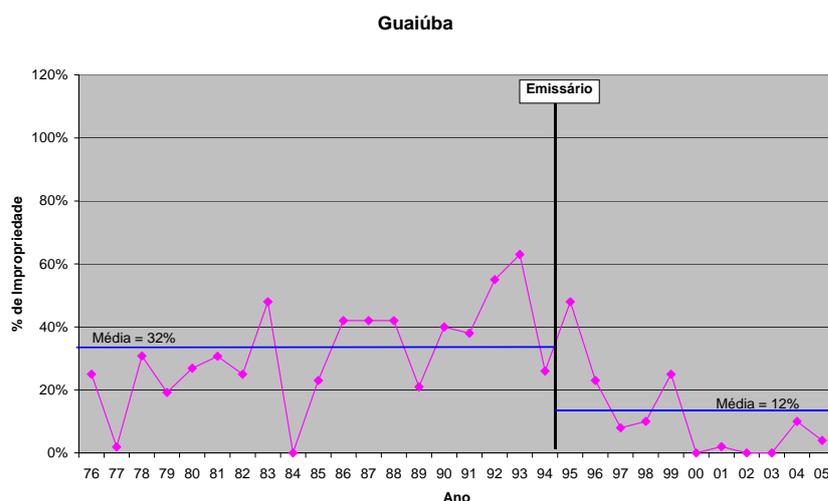


Gráfico 13: Porcentagem de impropriedade na Praia do Guaiúba

Uma Análise de Agrupamento (Cluster Analysis) para agrupar os anos com comportamento semelhante em relação à porcentagem de impropriedade das praias mostrou dois períodos distintos. À exceção do ano de 1981 as praias tiveram um comportamento semelhante até o ano de 1994 e outro a partir de 1995. Esse resultado parece bastante coerente já que foi a partir 1994 que o emissário submarino da Praia da Enseada passou a atender a maior parte do município integrando as praias de Enseada, Pitangueiras, Astúrias, Tombo e Guaiúba.

Ao compararmos a porcentagem de impropriedade das praias nos dois períodos verificamos haver diferença significativa para as praias de Enseada (Av. Atlântica), Pitangueiras (Rua Silvia Valadão Azevedo), Astúrias, Tombo e Guaiúba.

O gráfico 14 mostra a porcentagem média de impropriedade de cada praia nos dois períodos. Exceção feita à praia de Enseada (Estrada de Pernambuco) que teve um aumento na impropriedade média após 1994, todas as demais praias tiveram uma diminuição na porcentagem de impropriedade após 1994, com destaque para a praia do Tombo que reduziu a porcentagem média de impropriedade de 73,5% para 2,6%.

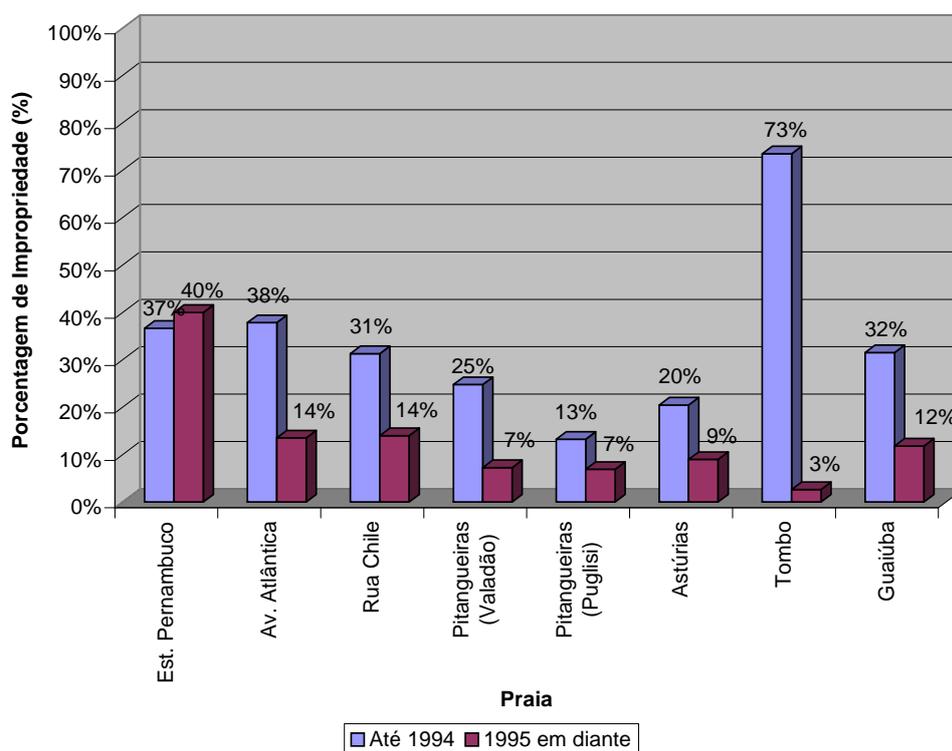


Gráfico 14: Comparação da Porcentagem Média de Impropriedade nos períodos de 1976 a 1994 e de 1995 a 2005

Passamos então a comparar a porcentagem de impropriedade das praias nos dois períodos. Para tanto optamos por utilizar um teste não paramétrico pelo fato de que, para algumas praias, dispomos de apenas 3 ou 4 observações anteriores a 1994, o que inviabiliza um teste de normalidade desses dados.

Os resultados mostraram diferença significativa para as praias de Enseada (Av. Atlântica), Pitangueiras (Rua Silvia Valadão Azevedo), Astúrias, Tombo e Guaiúba (tabela 4).

Tabela 4: Teste U de Mann-Whitney

Praia	Mann-Whitney U	Significância	Conclusão
Enseada (Estrada de Pernambuco)	14,5	0,769	ns
Enseada (Av. Atlântica)	32	0,001	***
Enseada (Rua Chile)	7	0,170	ns
Pitangueiras (Rua Silvia Valadão Azevedo)	30	0,001	***
Pitangueiras (Av. Puglisi)	14	0,343	ns
Astúrias	50,5	0,018	**
Tombo	4	0,000	***
Guaiúba	38,5	0,003	***

ns  
\*\*

Não significativa  
Significante a menos de 1%

O gráfico 15 mostra a evolução da porcentagem de impropriedade de cada praia após 1994. Observa-se que a exceção da praia de Enseada (Estrada de Pernambuco), que apresenta uma acentuada queda a partir de 1998, as demais apresentam comportamento muito semelhante, com queda a partir de 1995 e pequenas elevações em 1999 e 2004.

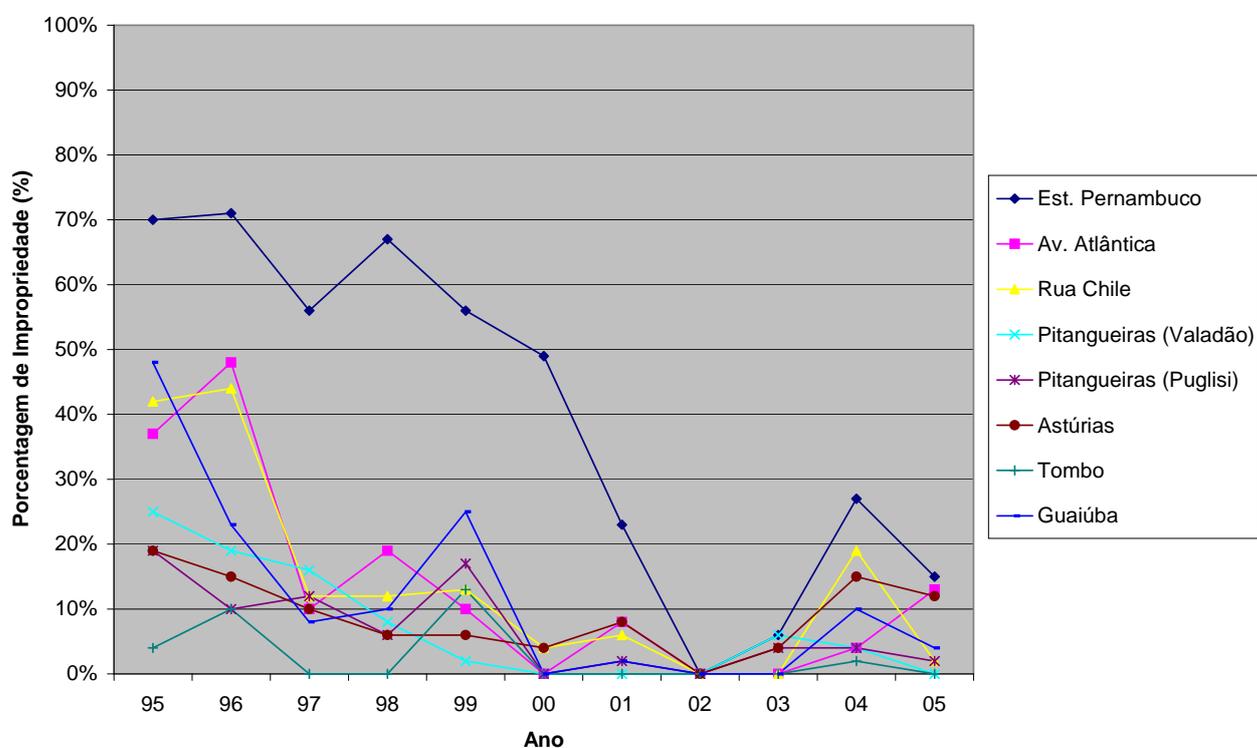


Gráfico 15: Evolução da Porcentagem de Impropriedade após 1994

Conclui-se, portanto que a partir de 1994, quando o emissário submarino da Praia da Enseada passou a atender a maior parte do município até a praia do Guaiúba, houve uma melhora significativa nas condições de balneabilidade das praias do Guarujá com a porcentagem média de impropriedade baixando de 34% para 13%. Também nota-se uma diminuição das porcentagens de impropriedade a partir de 97 quando houve a reforma do emissário após seu rompimento em 1996.

### **Município de Praia Grande**

O atual sistema de disposição de esgotos de Praia Grande ainda é insuficiente para atender a demanda tanto da população residente quanto da população flutuante. Os dois emissários submarinos localizados nas praias do Boqueirão e Vila Tupi coletam grande parte do esgoto doméstico da parte norte da orla entre as praias do Boqueirão e Cidade Ocian, dispendo-o no mar após tratamento nas Estações de Pré Condicionamento (EPC). Há também, nessa parte da orla, interceptores que interrompem o fluxo dos cursos de água e os encaminha para os emissários. Este sistema apresenta relativa eficiência no período de estiagem quando as vazões dos córregos são bastante reduzidas, porém mostra-se ineficiente no período de chuva quando as águas contaminadas acabam sendo lançadas diretamente no mar.

Na parte Sul do município os córregos não são interceptados e atingem diretamente as praias comprometendo sua balneabilidade. A população atendida pela rede de esgoto gira em torno de 46% (Sabesp – 2005).

Inicialmente foi realizada uma Análise de Agrupamentos ("Cluster Analysis") procurando agrupar os anos com comportamento semelhante em relação à porcentagem de impropriedade das praias. Os resultados mostraram a existência de dois períodos distintos: as praias tiveram um comportamento semelhante até o ano de 1996 e outro a partir de 1997. Esse resultado parece bastante coerente já que coincide com a entrada em total operação dos emissários submarinos do Boqueirão e Vila Tupi. Os gráficos 16 a 21 ilustram claramente essa mudança de comportamento com a redução da porcentagem de impropriedade após a construção dos emissários. As linhas horizontais mostram a porcentagem média de impropriedade em cada período.

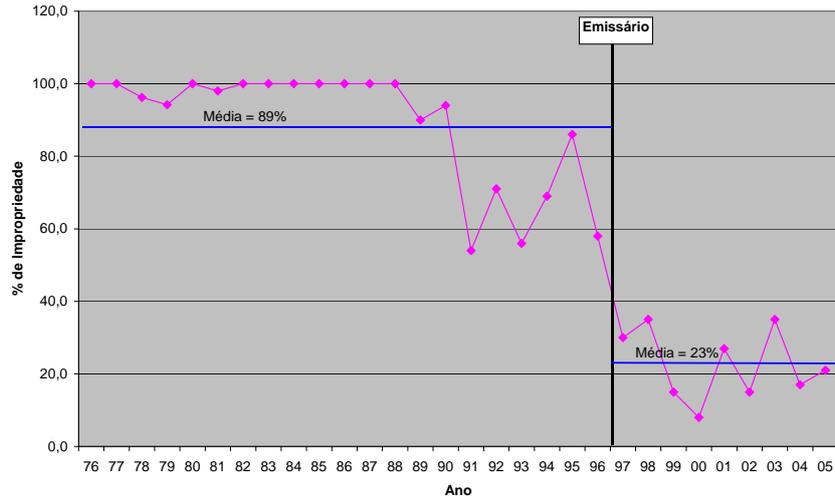


Gráfico 16: Porcentagem de impropriedade no Boqueirão – 1976 a 2005

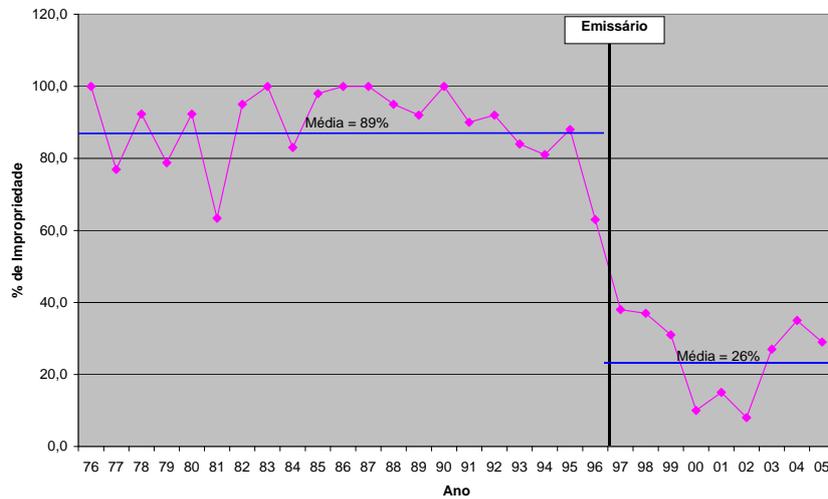


Gráfico 17: Porcentagem de impropriedade em Vila Tupi – 1976 a 2005

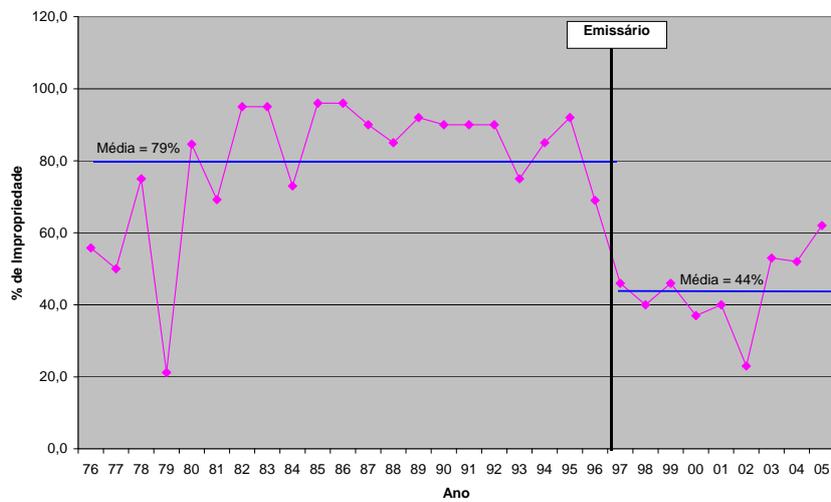


Gráfico 18: Porcentagem de impropriedade em Vila Mirim – 1976 a 2005

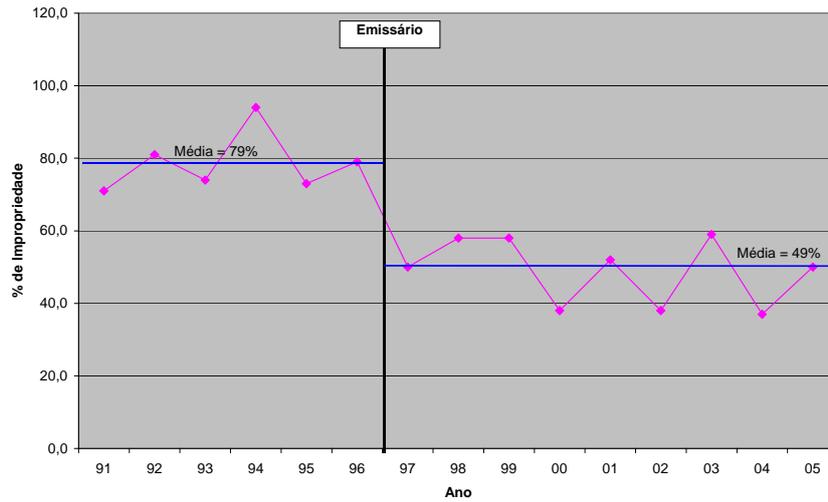


Gráfico 19: Porcentagem de impropriedade em Vila Caiçara – 1991 a 2005

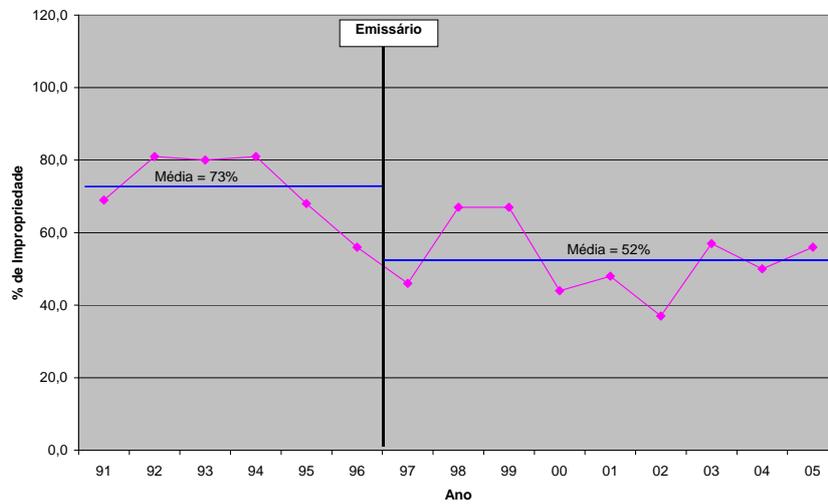


Gráfico 20: Porcentagem de impropriedade Balneário Flórida / Real – 1991 a 2005

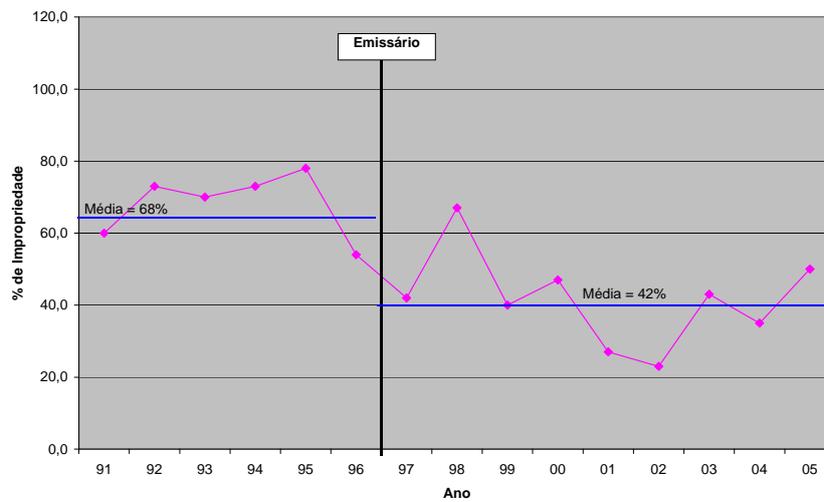


Gráfico 21: Porcentagem de impropriedade Jardim Solemar – 1991 a 2005

O gráfico 22 mostra a porcentagem média de impropriedade de cada praia nos dois períodos. Nele observamos que até 1996 as porcentagens de impropriedade das praias eram bem elevadas com média anual de 79%. A partir de 1997 houve uma redução significativa na porcentagem de impropriedade de todas as praias levando a média anual para 36%.

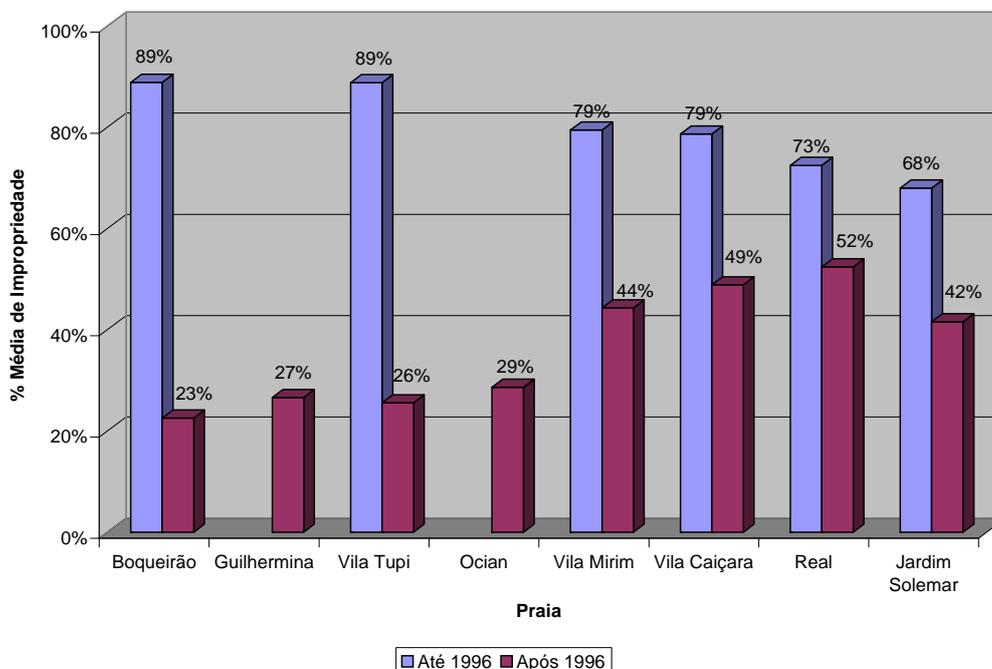


Gráfico 22: Comparação da Porcentagem Média de Impropriedade por Praia

Realizou-se então o teste de Levene a fim de comparar a variabilidade dos dois períodos em cada praia. Os resultados mostraram não haver diferença significativa nas variâncias dos dois períodos para todas as praias (tabela 5).

Tabela 5: Teste de Levene para igualdade das Variâncias

Praia	Estatística F	Significância	Conclusão
Boqueirão	2,466	0,128	ns
Vila Tupi	0,133	0,718	ns
Vila Mirim	1,810	0,189	ns
Vila Caiçara	0,351	0,564	ns
Real	0,002	0,969	ns
Jardim Solemar	0,227	0,642	ns

ns: não significante

Realizou-se então para cada praia um teste t para amostras independentes e variâncias iguais com a finalidade de verificar se houve diminuição na porcentagem de impropriedade média após 1996. Os resultados mostraram uma diminuição

significativa na porcentagem média de impropriedade a partir de 1997 para todas as praias (tabela 6).

Tabela 6: Teste t para amostras independentes e variâncias iguais

Praia	Estatística t	gl	Significância	Conclusão
Boqueirão	11,234	28	0,000	***
Vila Tupi	14,026	28	0,000	***
Vila Mirim	5,219	28	0,000	***
Vila Caiçara	6,403	13	0,000	***
Real	3,748	13	0,001	***
Jardim Solemar	4,305	13	0,000	***

\*\*\* significante a menos de 1%

O gráfico 23 mostra os Box-Plot da porcentagem de impropriedade de cada praia nos períodos. Nota-se claramente uma diminuição na porcentagem de impropriedade após 1996 em todas as praias.

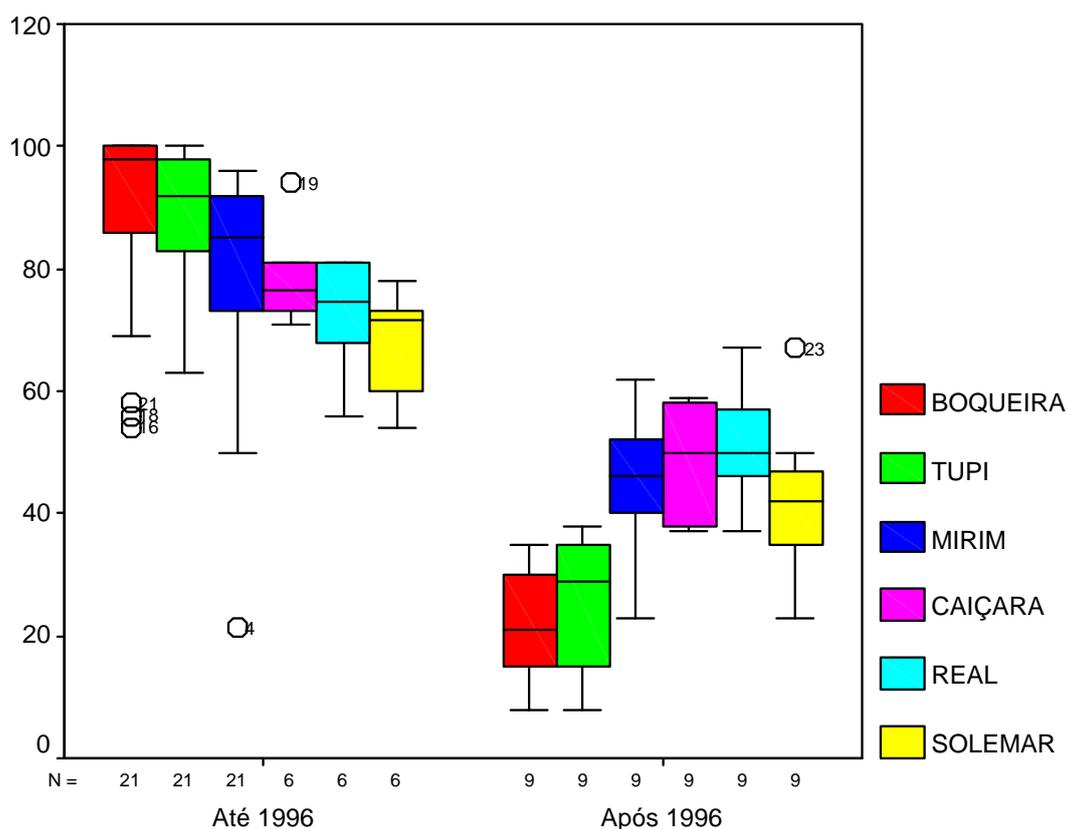


Gráfico 23: Box-Plot da porcentagem de impropriedade nos dois períodos

Nota-se que as praias da porção norte do município até Ocian, onde foi realizada a interceptação dos cursos d'água, apresentaram uma redução mais

expressiva (na média de 89% para 26%) na porcentagem de impropriedade após 1996 do que a porção mais ao sul (de 75% para 47% na média).

Deste modo pode-se concluir que, no município de Praia Grande, a construção dos emissários submarinos do Boqueirão e Vila Tupi trouxeram uma melhora nas condições de balneabilidade das praias da porção norte do município, até Cidade Ocian.

#### **4. Conclusões**

No município de Santos apenas a construção do emissário submarino não resultou em melhora significativa nas condições de balneabilidade das praias, variando entre 1 e 18%. Já a instalação das comportas nos canais de drenagem representou diminuições da porcentagem de impropriedade de até 51%.

No município de Guarujá a implantação do emissário na praia da enseada teve como consequência a melhora da qualidade das praias desse município atendidas por rede de esgotos.

No município de Praia Grande a implantação dos emissários do Boqueirão e Vila Tupi tiveram como consequência uma sensível melhora da qualidade das praias da porção norte após 1996. Ressalta-se que após 2002 já se nota uma tendência de aumento da porcentagem de classificações impróprias.

Em resumo, no caso dos municípios de Guarujá e Praia Grande a implantação dos emissários submarinos resultou em melhoria da qualidade das praias, já no caso do Município de Santos o emissário propriamente dito teve pouca influência nessa qualidade, tendo sido a implantação das comportas o que teve papel determinante na melhora das praias. Isso nos leva a concluir que se a rede de esgotos que são encaminhados aos emissários é parcial ou se existem outras fontes na área de cobertura, a eficácia dos emissários no afastamento da poluição fecal fica comprometida.

#### **5. Referências Bibliográficas**

- CETESB (São Paulo). **Relatório de qualidade das águas litorâneas no estado de São Paulo**: balneabilidade das praias 2006. São Paulo, 2007. (Série Relatórios).
- LAMPARELLI, C. C.; ORTIZ, J. P. **Emissários Submarinos: projeto, avaliação de impacto ambiental e monitoramento**. São Paulo: SMA, 2006. 240 p.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 5<sup>a</sup> ed. São Paulo: Saraiva, 2002.
- SIEGEL, Sidney. **Estatística Não-Paramétrica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.
- HAIR, Joseph F. et al. **Multivariate Data Analysis**. 5<sup>th</sup> ed. New Jersey: prentice Hall, 1998.