

**ESTUDOS PARA O SISTEMA DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DE ESGOTOS
DE SANTOS E SÃO VICENTE - RELATÓRIO PARCIAL Nº 4 - PESQUISAS
DE DECLÍNIO BACTERIANO**

*EDMUNDO GARCIA AGUDO, ANTONIO GARCIA OCCHIPINTI,
WLADIMYR SANCHEZ e SEBASTIÃO GAGLIANONE*

PUBLICAÇÃO IEA N.º 344
Junho — 1974

INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA
Caixa Postal 11049 (Pinheiros)
CIDADE UNIVERSITÁRIA "ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA"
SÃO PAULO — BRASIL

**ESTUDOS PARA O SISTEMA DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DE ESGOTOS DE
SANTOS E SÃO VICENTE - RELATÓRIO PARCIAL Nº 4 - PESQUISAS
DE DECLÍNIO BACTERIANO**

**Edmundo Garcia Agudo, Antonio Garcia Occhipinti*, Wladimir Sanchez
e Sebastião Gaglianone****

**Coordenadoria de Aplicação de Radioisótopos
na Engenharia e na Indústria
Instituto de Energia Atômica
São Paulo - Brasil**

**Publicação IEA Nº 344
Junho - 1974**

-
- * Professor Titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo
- ** Diretor da Divisão de Laboratórios Gerais, do Centro Tecnológico de Saneamento Básico e Controle de Poluição das Águas - CETESB.

Instituto de Energia Atômica

Conselho Superior

Eng^o Roberto N. Jafet – Presidente
Prof.Dr.Emilio Mattar – Vice-Presidente
Prof.Dr.José Augusto Martins
Dr.Affonso Celso Pastore
Prof.Dr.Milton Campos
Eng^o Helcio Modesto da Costa

Superintendente

Rômulo Ribeiro Pieroni

ESTUDOS PARA O SISTEMA DE DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DE ESGOTOS DE SANTOS E SÃO VICENTE—RELATÓRIO PARCIAL Nº 4—PESQUISAS DE DECLÍNIO BACTERIANO

Edmundo Garcia Agudo, Antonio Garcia Occhipinti*, Wladimir Sanchez e Sebastião Gaglianone**

RESUMO

Realizaram-se 42 campanhas de investigações oceanográficas junto à atual descarga de esgotos de Santos e São Vicente para determinarem-se os valores de T₉₀ necessários ao projeto de lançamento submarino de esgotos. Utilizaram-se duas técnicas de traçamento "in situ": na primeira, injetou-se em forma pontiforme e instantânea ⁸²Br, como traçador radioativo, para identificar os pontos de coleta de amostras no campo de esgoto. Mediu-se a diluição física por meio da concentração de fosforo solúvel nas amostras. A segunda técnica consistiu na injeção contínua de ⁸²Br, medindo-se a diluição física por meio das concentrações do traçador radioativo e do fosforo solúvel, nas amostras coletadas no campo de esgoto, identificando-se os pontos de coleta por meio de cartões a deriva. Um estudo estatístico dos resultados experimentais mostrou boa concordância entre as duas técnicas. Simultaneamente, em algumas campanhas realizaram-se experiências com membranas dializadoras. Comparando-se os resultados verificaram-se que os valores de T₉₀ obtidos por meio das membranas dializadoras eram bem superiores aos valores obtidos por meio da técnica de traçamento. As análises estatísticas efetuadas mostraram falta de correlação entre as técnicas de membrana dializadora e de traçamento "in situ".

I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS:

- A disposição oceânica de esgotos mostra ser uma solução atraente para as comunidades litorâneas em todo o mundo. Essas comunidades litorâneas geralmente exploram o uso das águas costeiras para a recreação, esportes aquáticos e pesca esportiva e artesanal. Assim, os padrões estéticos e sanitários dessas águas devem ser bem definidos, para que se possa realmente usufruir seus benefícios. Para que um esgoto possa ser lançado no mar, junto ao litoral, deve-se levar em conta os efeitos deletérios, do ponto de vista ecológico, higiênico e estético. O efeito deletérico resultante da disposição oceânica de esgoto é função complexa das variáveis concentração e tempo. Quando o esgoto sai do emissário, ele experimenta uma alteração em suas propriedades físicas e bacterianas que variam acentuadamente para cada ponto, em função do tempo. A redução das taxas de concentração do esgoto são dependentes das condições oceanográficas e biológicas dominantes na área de lançamento.

As condições oceanográficas em um mesmo local variam constantemente, no decorrer do tempo, daí a necessidade de se estudar estatisticamente, baseados em dados obtidos "in situ", as propriedades físicas químicas e biológicas da água escolhida. Os fatores que mais influenciam as condições oceanográficas de uma determinada área, isoladamente ou em combinação entre si, são os ventos, as ondas e sua arrebentação, as marés, as correntes, o relevo do fundo, a estrutura vertical das águas, a contribuição de bacias hidrográficas costeiras etc.

A partir do instante em que o esgoto entra em contato com a água do mar, a população de bactérias nele existente começa a experimentar um processo de redução, provocado pela sedimentação da fração sólida, pelo efeito letal da água do mar e por outros agentes. Esse processo de redução da concentração de bactérias presente no campo de esgoto é conhecido pelo nome de declínio bacteriano e pode ser matematicamente representado por uma equação

exponencial. A taxa de redução da concentração de bactérias é usualmente representada pelo parâmetro T_{90} , definido como sendo o tempo necessário para que a população de bactérias presentes na água do mar seja reduzida em 90%.

Por ser um dos parâmetros mais importantes no problema de disposição oceânica, deve-se calcular o T_{90} a partir de dados experimentais, obtidos "in situ" pela impossibilidade de reproduzir em laboratório todas as condições existentes no mar.

Nos estudos realizados "in situ", torna-se necessário determinar também a diluição física que experimenta o esgoto, provocada pelo processo de mistura oceânica.

Alguns pesquisadores utilizam-se da técnica de membranas dializadoras não somente para evitar a influência da diluição física nas medições, mas também pelo fato dela ser independente da existência de um campo de esgoto no local.

Entre o amplo espectro de micro organismos patogênicos ou não, presentes no esgoto, escolhem-se normalmente as bactérias do grupo. E. Coli, para o estudo da taxa de declínio. Uma melhor aproximação para o problema seria um estudo do declínio dos vírus, pois eles representam o maior risco para doenças infecciosas. Entretanto, a tecnologia de detecção, identificação e quantificação de vírus em águas poluídas ainda está em desenvolvimento.

II - METODOLOGIA:

A diminuição da concentração de organismos coliformes, em função do tempo, na ausência do fenômeno de diluição física, é representada pela "Lei de Chick"

$$C_t = C_0 \cdot 10^{-kt} \quad (1)$$

onde,

- C_t = concentração de coliformes, no tempo t;
- C_0 = concentração inicial de coliformes (t = 0);
- k = constante característica da taxa de desaparecimento.

Na prática, mede-se realmente uma concentração C'_t , de coliformes, inferior ao valor C_t , obtida pela contribuição da diluição provocada pela mistura oceânica.

Para se estudar o fenômeno de declínio bacteriano torna-se necessário compensar o fenômeno de diluição física, na concentração de coliformes medida.

Quando um traçador conservativo acompanha o esgoto e sofre diluição física, por mistura oceânica, sua diluição em função do tempo pode ser matematicamente representada pela equação.

$$D_t = D_0 \cdot F(t) \quad (2)$$

onde,

- D_0 é a concentração inicial do traçador;
- D_t é a concentração no tempo t;
- F (t) representa a diluição do traçador em função do tempo.

Algumas vezes esta função é exponencial, mas normalmente pode ser representada por funções mais gerais.

A diluição física experimentada pelo traçador e pelos coliformes no tempo t será idêntica, e assim, a concentração real de coliformes pode ser expressa pela equação:

$$C'_t = C_t \cdot F(t) \quad (3)$$

ou

$$C'_t = C_t \cdot \frac{D_t}{D_o} \quad (4)$$

Substituindo-se o valor de C_t , expresso pela equação (1) na equação (4), obtém-se.

$$C'_t = C_o e^{-kt} \frac{D_t}{D_o} \quad (5)$$

$$\frac{C'_t}{C_o} \times \frac{D_o}{D_t} e^{kt} \quad (6)$$

Assim sendo, pela equação (6) pode-se obter a variação da concentração de coliformes no tempo, já corrigida da influência do efeito de diluição, medindo-se simultaneamente a concentração de um traçador que acompanhe o esgoto, em todo o processo.

Representando-se em gráfico semilogarítmico os valores de $\frac{C'_t}{C_o} \times \frac{D_o}{D_t}$, em função do tempo, obtém-se uma reta que deve ser ajustada, por métodos estatísticos, aos valores experimentais das condições "in situ". O coeficiente angular dessa reta permite calcular o valor de T_{90} .

Na prática, quando se deseja calcular o T_{90} , a partir dos dados experimentais obtidos "in situ", surgem dois problemas, a saber:

- 1) a medição da diluição física;
- 2) a identificação do ponto no corpo de água onde a amostragem deve ser feita, para representar a trajetória cronológica do campo de esgotos.

Pode utilizar-se como indicador da taxa de diluição qualquer traçador conservativo ou não, adicionado ao esgoto, antes de ser lançado no mar, em forma contínua e constante e cuja concentração natural nas águas oceânicas seja desprezível (por exemplo, corante ou material radioativo), ou qualquer outra substância conservativa já presente no esgoto (por exemplo, o fosfato solúvel).

III - PARTE EXPERIMENTAL

Apresenta-se na figura 1 a planta de situação das áreas onde realizaram-se as investigações e a projeção do emissário submarino de esgotos de Santos e São Vicente, em fase de concorrência, para sua execução.

Atualmente lançam-se os esgotos de Santos e São Vicente junto a Ponta de Itaipú, com descarga superficial, escoando diretamente de uma canaleta para o mar. Na publicação IEA 319, descreve-se detalhadamente a trajetória do atual emissário de esgotos, desde sua origem na Usina Terminal de José Menino (Santos) até sua saída, em forma de canaleta trapezoidal, na Ponta de Itaipú.

Quando o esgoto atinge o mar, ele se distribui em forma totalmente superficial, formando uma camada de pequena espessura, devido a diferença de densidade e à presença de sólidos flutuantes. Inicialmente verifica-se um espalhamento gravitacional do campo de esgoto que posteriormente desloca-se, por influência dos ventos e correntes, com uma difusão vertical muito pequena ficando confinado a espessura de um metro, aproximadamente.

Nos trabalhos realizados junto a Ponta do Itaipú distinguem-se duas etapas diferentes:

No período compreendido entre 21/10/71 e 14/09/72, mediu-se a diluição física usando o fosfato solúvel como traçador conservativo e localizou-se o corpo d'água por meio de lançamento, no tempo zero, de certa quantidade de traçador radioativo que se distribui e avança acompanhando o mesmo campo de esgoto. Efetuaram-se as amostragens nos pontos de máxima concentração de material radioativo utilizando-se a seguinte metodologia:

Lançava-se no esgoto, pouco antes de sua entrada no mar, (ponto B, fig. 2) em forma instantânea, a atividade de um curie de ^{32}Br , na forma de brometo de amônia, dissolvido em uma solução saturada de rodamina, em um total de 20 litros. Um pequeno barco de alumínio, posicionado junto a saída do esgoto, aguardava a saída do traçador, medindo a atividade em forma contínua por meio de um detector de cintilação, com cristal de NaI (Tl) de 1,5" ϕ x 1,5" H, e equipamento eletrônico associado (escâmetro portátil, marca BASC e registrador RUSTRAK). No momento em que a atividade atingia seu valor máximo neste ponto, considerava-se $t = 0$ e coletava-se em forma totalmente superficial uma amostra de 2 litros, aproximadamente. Desta amostra separavam-se duas frações, uma para a determinação de coliformes e outra para análise do fosfato solúvel, (ambas analisadas no CETESB, Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas). Em geral coletavam-se as amostras seguintes, com a mesma técnica, depois de 15, 30, 45, 90, 120, 150, 180 e 210 minutos, totalizando 10 amostras em três horas e meia de trabalho. Coletaram-se as amostras nos pontos em que o detector de radiação registrava a máxima atividade nesse momento. Obtinha-se a posição do ponto de coleta por meio de sextantes tomando-se pontos de referência na costa.

Os resultados obtidos mostraram uma dispersão de valores relativamente grande, pela dificuldade de localizar exatamente a posição da máxima atividade em virtude da movimentação do barco de alumínio, cuja hélice produzia certa perturbação do meio, e também pela baixa sensibilidade do método de análise de fosfato, no caso dos últimos pontos, por estar a concentração próxima do limite de detecção.

Por estes motivos decidiu-se modificar o procedimento experimental. Na segunda etapa, a partir de fevereiro de 1973, utilizou-se a seguinte técnica:

Injetou-se no esgoto o traçador radioativo, em forma contínua e constante, usando o tanque de injeção esquematizado na figura 3, blindado com sacos de areia.

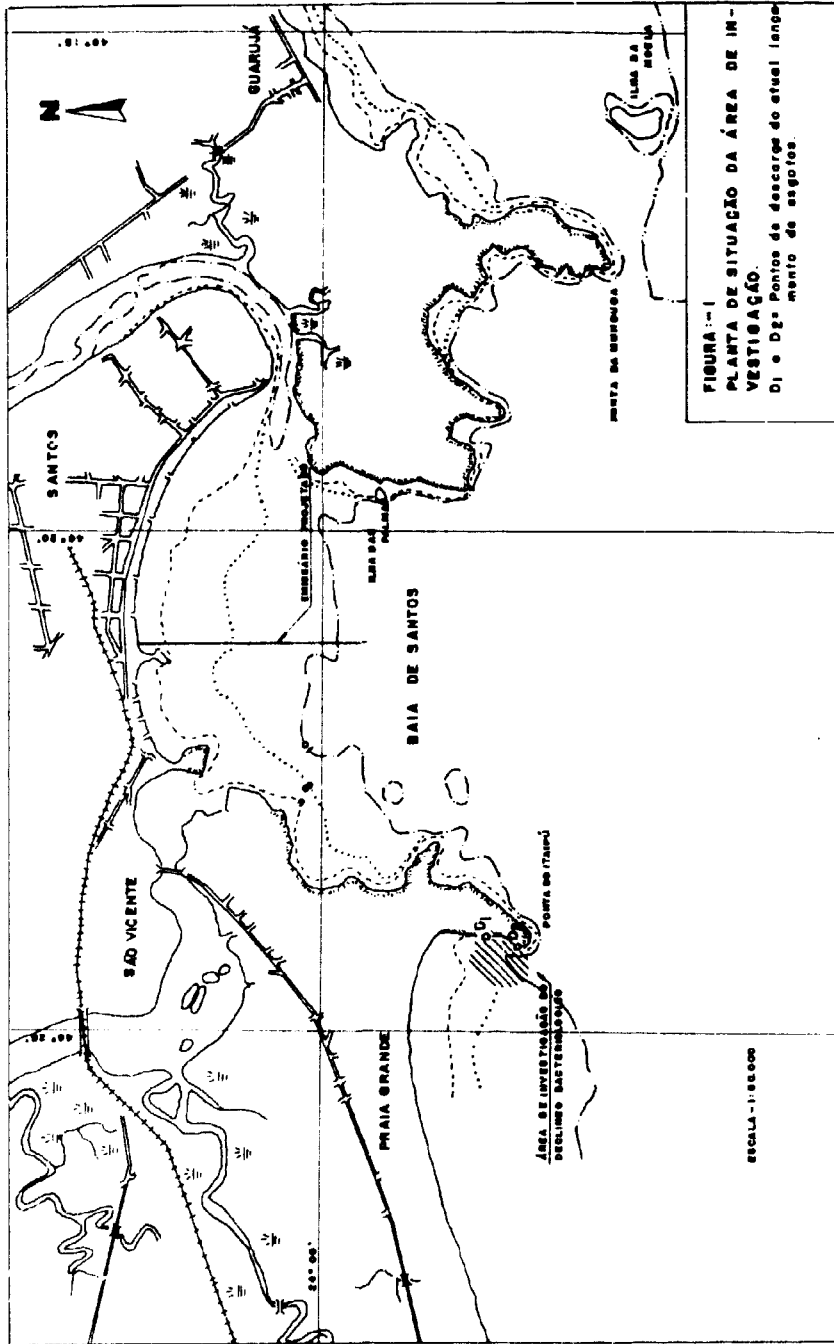
O ponto de injeção (ponto D, figura 2) localizava-se a 876 metros da saída do esgoto, assegurando uma homogeneização perfeita entre traçador e esgoto.

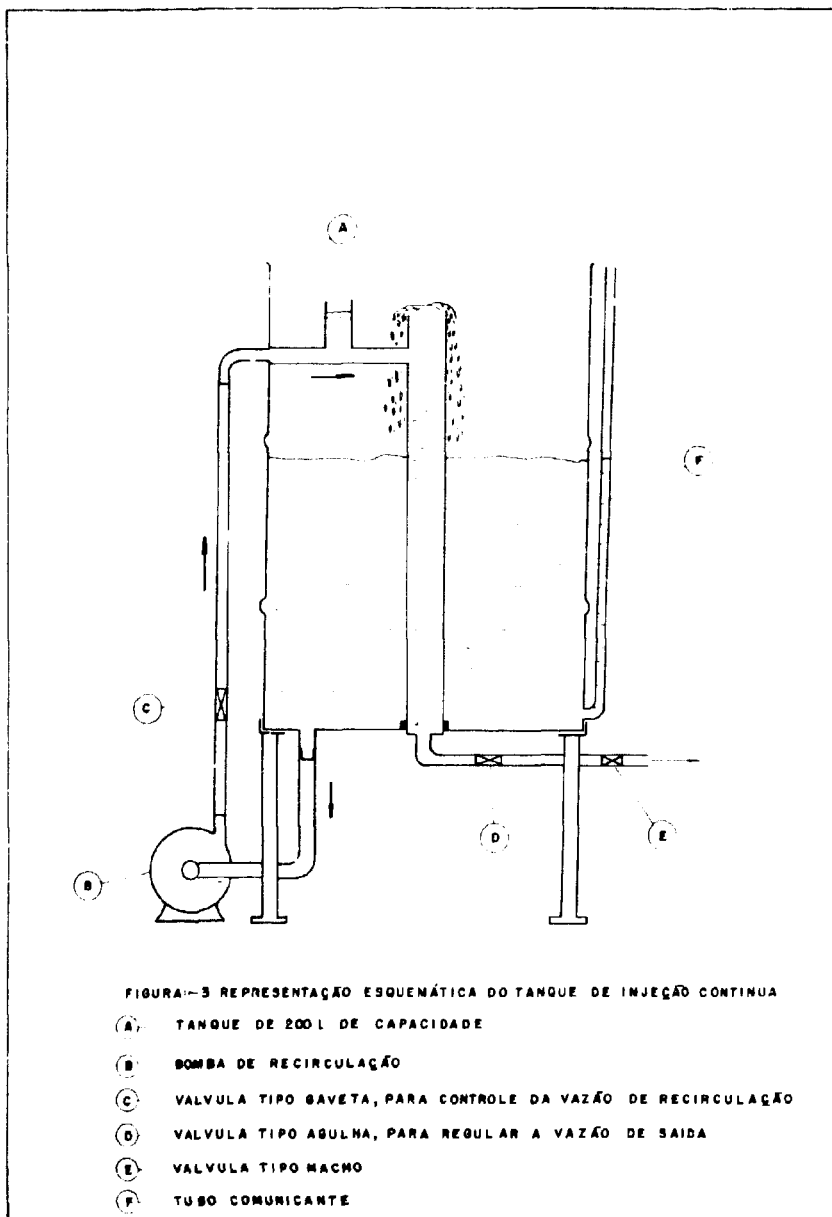
Colocavam-se no tanque 180 litros de água doce, 10 gramas de rodamina B, e efetuava-se a transferência do material radioativo, da blindagem de transporte para o tanque, por meio de uma bomba manual. Terminada a transferência cobria-se o tanque com material plástico e ligava-se a bomba de recirculação, mantendo-se fechada a válvula de saída. A bomba funcionava 10 minutos, aproximadamente, tempo suficiente para homogeneizar a solução dentro do tanque. A seguir abria-se a válvula de saída do material radioativo e ajustava-se a vazão de injeção, por meio da válvula de regulação, para 20 ml/s, aproximadamente. Colocava-se simultaneamente no interior da tubulação do esgoto, perto da saída, no mar, um detector de radiação, tipo Geiger Müller, associado a um medidor de taxa de contagem, portátil, marca Nuclear Chicago. Desta forma registrava-se o tempo de trânsito da solução radioativa, entre o ponto de injeção e a saída do esgoto no mar. Esse tempo resultou ser de 13 minutos em média. A injeção durava 150 minutos, aproximadamente, com vazão constante, controlada a cada 15 minutos por meio de aferição, com proveta e cronômetro, e medidas da altura da solução remanescente no tanque de injeção, por meio de um tubo comunicante.

As leituras das taxas de contagem fornecidas pelo detector Geiger Müller, permitem conferir se a vazão do esgoto permanecia constante ao longo da experiência. Calculava-se o valor da vazão retirando-se uma amostra da solução contida no tanque de injeção e uma do esgoto, na saída da tubulação cujas concentrações eram medidas posteriormente no laboratório. A vazão esteve sempre em torno dos 1000 l/s. Usando esta técnica de injeção obtinha-se uma concentração constante de atividade no esgoto, ao longo do tempo de injeção, por um período de duas horas aproximadamente. Considerava-se o instante médio da injeção como sendo o tempo inicial ($t = 0$), para a coleta de amostras. Posicionava-se na saída do esgoto o mesmo barco de alumínio utilizado na primeira fase dos ensaios, efetuando-se a primeira coleta nesse instante e simultaneamente lançavam-se ao mar dois corpos a deriva e trinta cartões a deriva, aproximadamente, especialmente construídos e balanceados para a densidade da água do mar no local. Mostram-se nas figuras 4 e 5, esquemas dos corpos e cartões a deriva utilizados nas investigações oceanográficas.

Ao longo das campanhas constataram-se que os cartões a deriva acompanhavam melhor o movimento do esgoto que os corpos a deriva, especialmente nos primeiros 30 minutos, pelo fato de ter o esgoto um escoamento superficial, em decorrência de sua menor densidade relativa a da água do mar. Os corpos a deriva ficaram sempre atrasados em relação aos cartões que se comportavam de forma muito coerente, distribuindo-se e formando uma frente que acompanhava o campo de esgoto. Os cartões só apresentaram problemas quando sofriam ação combinada do vento oeste e da corrente em direção a praia, ficando presos nas pedras da costa e atrasando-se em relação ao movimento do esgoto.

Os intervalos de tempo entre as coletas de amostra continuaram os mesmos da primeira fase, mas alterou-se o procedimento de coleta. O barco de alumínio com motor de popa aproximava-se, com velocidade muito pequena, de um dos cartões a deriva. O pessoal do barco efetuava a coleta de amostras em forma superficial e retirava o cartão da água, por considerar que esse ponto já havia sido perturbado, não sendo conveniente retirar amostras posteriores nesta mesma região do corpo de água. Para a coleta seguinte escolhia-se um novo cartão em região não perturbada.





O fato de que as amostras poderiam ser coletadas fora da região de máxima concentração de esgoto nesse instante, tornou-se sem importância porque a diluição física e a concentração de coliformes foram medidos na mesma amostra.

De cada amostra d'água coletada retirava-se uma fração para ser usada na determinação da concentração de coliformes, outra para determinar a concentração de fosfato, e uma terceira com volume de um litro, para analisar o conteúdo de ^{82}Br nos laboratórios do IEA. As altas diluições experimentadas pelo traçador impossibilitaram a sua detecção "in situ", pois 20 mL/s de traçador misturavam-se com cerca de 1000 L/s de esgoto na canalização, proporcionando um fator de diluição inicial de 2×10^{-5} , aproximadamente. Quando o esgoto entrava na água do mar, por efeito da mistura oceânica o traçador continuava ainda a diluir-se atingindo fatores de diluição de até 2×10^{-7} , aproximadamente. Descreve-se no apêndice o procedimento utilizado na separação e determinação de ^{82}Br na água do mar.

IV PROCESSAMENTOS DE DADOS:

Efetou-se o processamento dos dados por meio de uma calculadora programável, Hewlett Packard, modelo 9810, com registrador gráfico associado. Realizaram-se determinações triplicas de fosfato solúvel e de coliformes, utilizando-se a média dos três valores para os cálculos.

Por meio da equação (6), determinou-se o valor de T-90 calculando-se para cada coleta o valor $C_t D_0 / C_0 C_t$ e representaram-se esses valores em função do tempo, em gráfico semilogarítmico. Obteve-se o coeficiente angular da reta por regressão linear utilizando-se o calculador programável. Calculou-se também o coeficiente de correlação (r) que na maioria das campanhas foi superior a 0,9.

A análise pormenorizada da maior parte dos dados experimentais permite constatar que não existe uma fase de retarde, sistemática e reprodutível ("time-lag"). Nos casos em que ela foi observada poder-se-ia provavelmente atribuir o fato ao ajuste matemático da "Lei de Chick" e aos erros associados nas determinações de C_0 e D_0 . Confirmam-se as suposições acima pelo fato de obter-se em algumas campanhas vários "time-lag" negativos, carentes de sentido físico. Deve-se observar que um erro nas determinações dos valores C_0 e D_0 não afeta o cálculo do T-90 porque o coeficiente angular da reta independe deles.

Em outras duas campanhas constataram-se uma aparente fase resistente, subsequente à fase exponencial. Pode-se julgar que esse fenômeno não se apresenta como típico e sistematicamente reprodutível. Esta aparente fase resistente pode ser atribuída à possível perturbação do campo de esgoto ou a mudança de sua trajetória, por influência de variações bruscas nas condições meteorológicas e oceanográficas. Assim, no caso dos estudos desenvolvidos na Baía de Santos, pode-se considerar o modelo da "Lei de Chick", como sendo o mais representativo.

Na tabela I, apresentam-se os valores de T-90 obtidos nas várias campanhas realizadas, os valores do coeficiente de correlação r, para as regressões lineares e o tempo de duração de cada campanha.

Nas figuras 6 a 9 relacionam-se os gráficos obtidos na campanha de 26/07/73. Pode-se

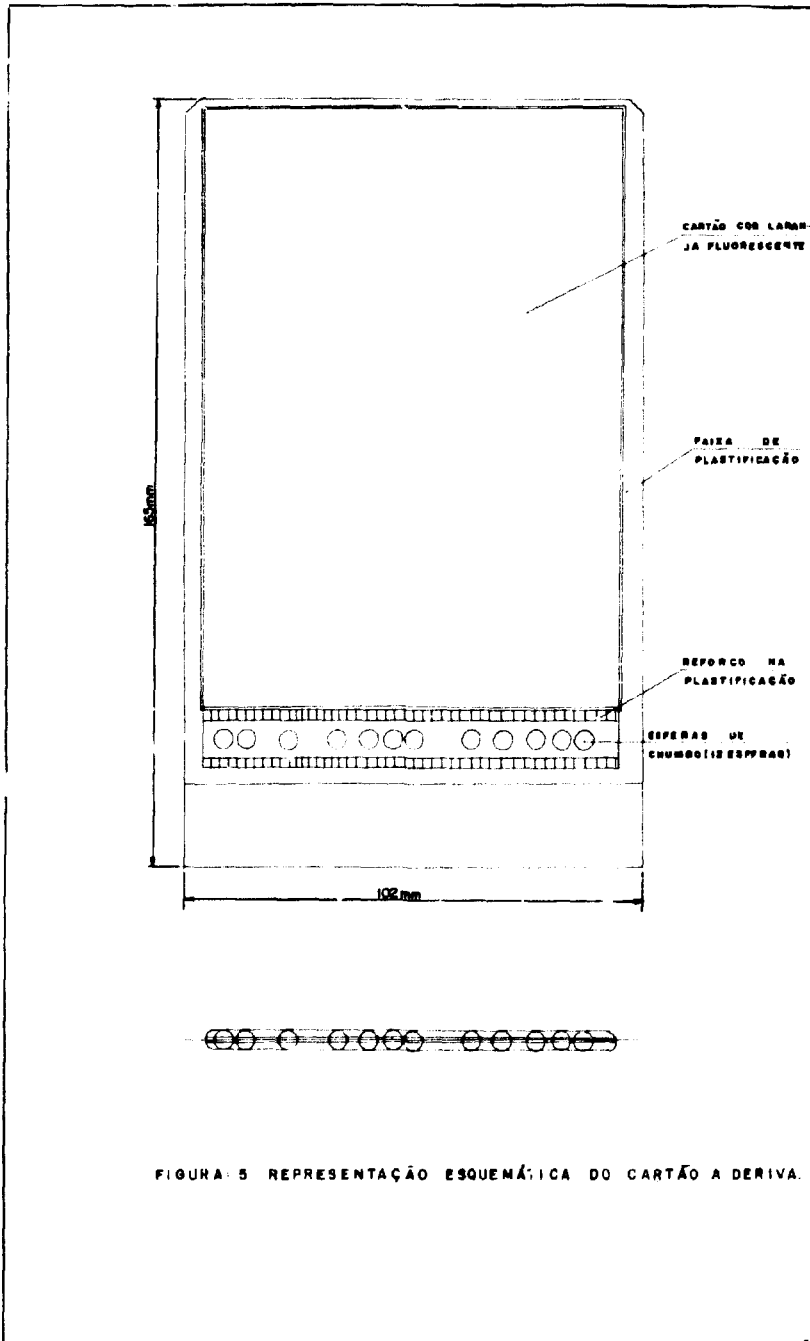


TABELA 1

Dados e Parâmetros das Campanhas no Campo de Esgotos

DATA	FASE EXPONENCIAL					FASE RESISTENTE		Duração Total	Diluição Br ⁸² PO ₄	OBSERVAÇÕES
	SEM TIME-LAG		COM TIME-LAG			T90 (min)	t _r (min)			
	T90 (min)	r	T90 (min)	r	t ₀ (min)			t _f (min)		
21.10.71	— 114	— 0,801	75 —	0,908 —	18 —	N	O	238	PO ₄	Eliminando-se o último ponto Considerando-se todos os pontos
28.10.71	220	0,973	201	0,971	30	N	D	240	PO ₄	PO ₄ ≤ 50 µg/l após t = 150 min Considerando-se todos os pontos Eliminando-se os 3 últimos pontos PO ₄ ≤ 50 µg/l após t = 250 min PO ₄ ≤ 50 µg/l após t = 130 min
11.11.71	90	0,970	87	0,957	8	N	D	215	PO ₄	
25.11.71	—	—	81	0,906	50	N	O	280	PO ₄	
	—	—	142	0,891	37					
02.12.71	93 108	0,979 0,967	82 104	0,990 0,960	15 8,5	N	D	220	PO ₄	
09.12.71	143	0,993	142	0,989	1,2	N	D	220	PO ₄	PO ₄ ≤ 50 µg/l após 100 min
16.12.71	74 76 75 80	0,981 0,990 0,949 0,940	68 — 68 67	0,995 — 0,953 0,952	20 — 31 38	N	D	162	PO ₄	

N. O. = Não Observada
N. D. = Não definida

TABELA 1

Dados e Parâmetros das Campanhas no Campo de Esgotos

DATA	FASE EXPONENCIAL					FASE RESISTENTE		Duração Total	Diluição Br^{32}	OBSERVAÇÕES
	SEM TIME-LAG		COM TIME-LAG			T90 (min)	t_T (min)			
	T90 (min)	r	T90 (min)	r	t_0 (min)			t_f (min)		
13.01.72	70	0,950	62	0,971	40	N	D	167	PO ₄	A mancha de esgotos deve ter se deslocado em direção à fonte de descarga
	222	0,722	190	0,727	34					
20.01.72	123	0,965	189	0,942	-28	-	-	110	PO ₄	
27.01.72	97	0,954	90	0,956	16	N	D	154	PO ₄	
10.02.72	75	0,970	67	0,977	40	N	O	218	PO ₄	
	88	0,794	-	-	-					
17.02.72	61	0,967	60	0,963	10	SUSPEITA		200	PO ₄	
24.02.72	44	0,967	-	-	-	SUSPEITA		186	PO ₄	
	39	0,953	-	-	-					
02.03.72	84	0,962	84	0,949	0,1	N	O	179	PO ₄	
	87	0,914	-	-	-					
23.03.72	100	0,964	-	-	-	N	D	120	PO ₄	
	103	0,948	-	-	-					

N. O. = Não Observada
N. D. = Não Definida

TABELA 1
Dados e Parâmetros das Campanhas no Campo de Esgoto

DATA	FASE EXPONENCIAL					FASE RESISTENTE		Duração Total t_f (min)	Diluição B_0^{82} PO ₄	OBSERVAÇÕES
	SEM TIME-LAG		COM TIME LAG			T90 (min)	t_r (min)			
	T90 (min)	r	T90 (min)	r	t_0 (min)					
05.04.72	111	0,954	103	0,941	15	N	D	135	PO ₄	Sem considerar o 2º ponto
13.04.72	64	0,958	60	0,954	25	315	150	282	PO ₄	
	70	0,957	68	0,927	7,5					
19.04.72	161	0,918	130	0,833	46	N	D	182	PO ₄	Ótima pesquisa Considerando-se todos os pontos
04.05.72	52	0,987	48	0,997	27	N	O	179	PO ₄	
11.05.72	117	0,961	112	0,953	12	N	O	200	PO ₄	
18.05.72	60	0,969	54	0,980	44	N	O	284	PO ₄	
31.05.72	133	0,964	—	—	—	mu- to grande	170 min	240	PO ₄	
	147	0,984	—	—	—					
08.06.72	485	0,557	—	—	—	—	—	135	PO ₄	
15.06.72	91	0,995	—	—	—	N	O	230	PO ₄	
	96	0,947	—	—	—					
22.06.72	87	0,975	—	—	—	N	O	185	PO ₄	Eliminando-se 1 ponto
	89	0,912	—	—	—					Considerando-se todos os pontos
	81	0,913	—	—	—					Sem passar pela origem.

TABELA 1

Dados e Parâmetros das Campanhas no Campo de Esgotos

DATA	FASE EXPONENCIAL					FASE RESISTENTE		Duração Total	Diluição Br ⁵² PO ₄	OBSERVAÇÕES
	SEM TIME LAG		COM TIME LAG			T90 (min)	t _r (min)			
	T90 (min)	r	T90 (min)	r	t ₀ (min)			t _f (min)		
29.06.72	84	0,974	—	—	—	N	O	265	PO ₄	Curvas dos dias 23/3, 6, 13, 19 e 27/4; 4, 11, 18 e 31/5; 15, 22 e 29/6 e 24/8/72 Campanha com 4 pontos e dispersão grande
24.08.72	166	0,977	163	0,974	7	N	D	198	PO ₄	
14.09.72	312	0,836	—	—	—	N	D	89	PO ₄	
GERAL	94	0,886	93	0,865	3	N	O	99 a 294	PO ₄	
15.02.73	73	0,991	—	—	—	—	—	(50)	Br ⁵²	
	62	0,962	—	—	—	—	—		Br ⁵² + PO ₄	
	73	0,766	—	—	—	—	—		PO ₄	
01.03.73	60	0,969	58	0,960	4,5	N	D	152	Br ⁵²	
	100	0,794	—	—	—	—	—		Br ⁵²	
	92	0,862	—	—	—	—	—		Br ⁵²	
	64	0,959	63	0,891	3,5	—	—		Br ⁵²	
01.03.73	51	0,933	—	—	—	—	—		PO ₄	
	56	0,867	—	—	—	—	—		PO ₄	
	71	0,856	—	—	—	—	—		PO ₄	

TABELA 1

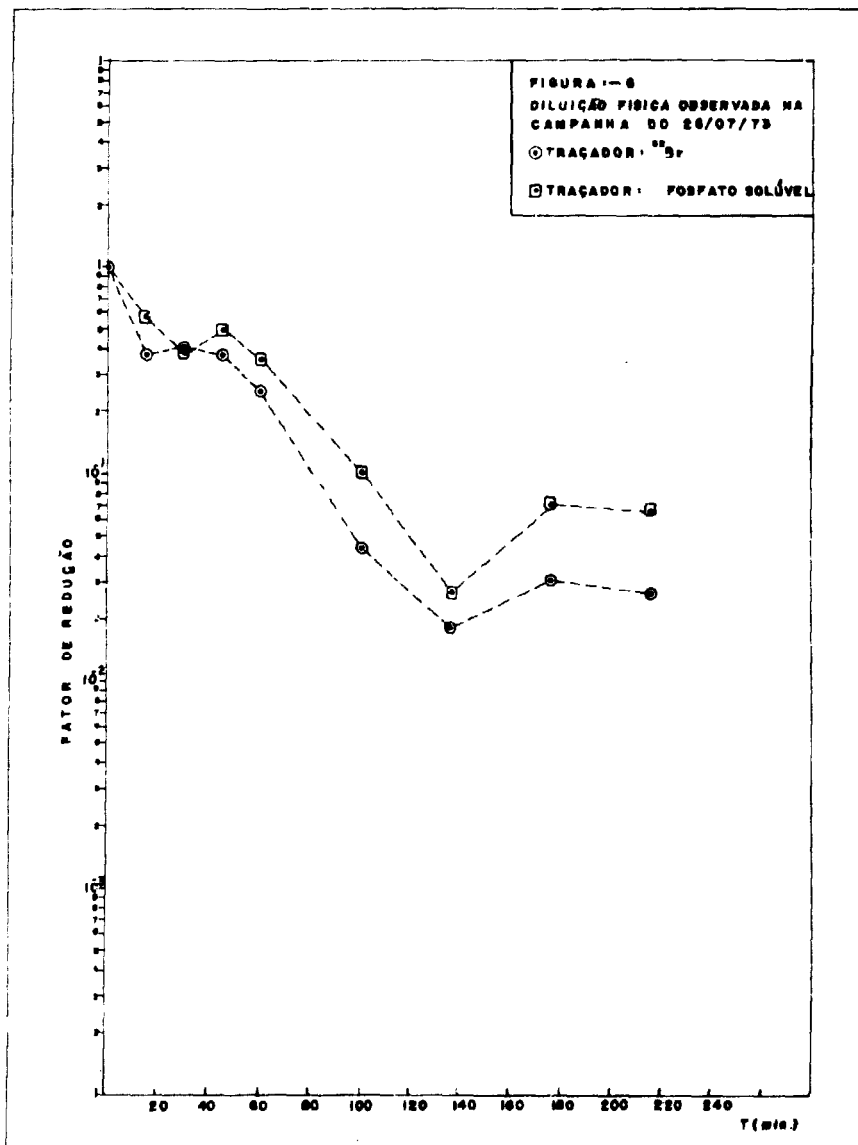
Dados e Parâmetros das Campanhas no Campo de Esgotos

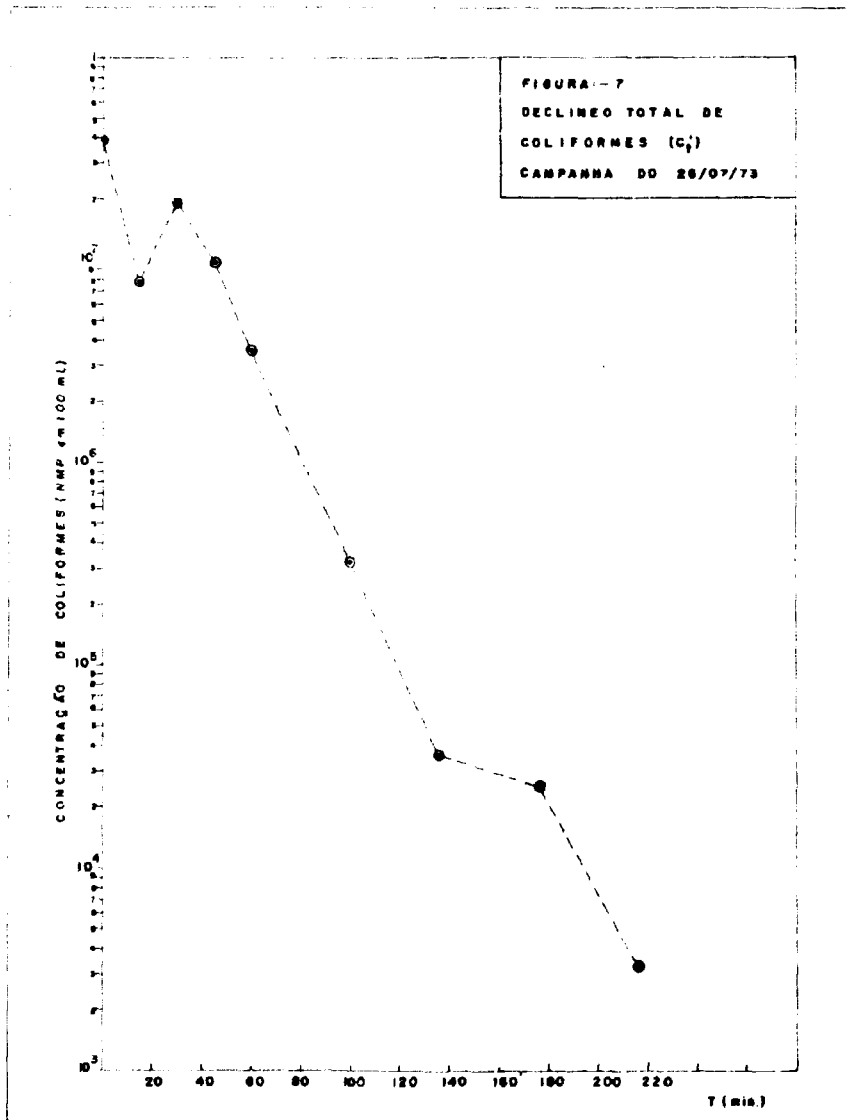
DATA	FASE EXPONENCIAL					FASE RESISTENTE		Duração Total t_f (min)	Diluição $Br^{#2}$ PO_4	OBSERVAÇÕES			
	SEM TIME-LAG		COM TIME-LAG			T_{90} (min)	t_r (min)						
	T_{90} (min)	r	T_{90} (min)	r	t_o (min)								
01.03.73	68	0,921	—	—	—				PO_4	Um ponto corrigido com $Br^{#2}$			
15.03.73	75	0,886	—	—	—	N	D	185	PO_4	Um ponto corrigido com $Br^{#2}$			
	72	0,984	—	—	—				$Br^{#2} + PO_4$	Dados selecionados de $Br^{#2}$ e PO_4			
	56	0,979	—	—	—					Eliminando-se 3 pontos			
	75	0,976	—	—	—					Eliminando-se 2 pontos			
18.04.73	71	0,795	—	—	—	N	O	255	PO_4	Considerando-se todos os pontos			
	74	0,986	—	—	—				PO_4	Eliminando-se 1 ponto			
	71	0,986	—	—	—				PO_4	Eliminando-se 2 pontos			
	74	0,897	—	—	—				PO_4	Considerando-se todos os pontos			
	80	0,973	—	—	—				$Br^{#2}$	Eliminando-se 2 pontos			
26.04.73	83	0,865	—	—	—	N	D	180	$Br^{#2}$	Considerando-se todos os pontos			
	84	0,884	eliminando os 3 últimos pontos										
14.06.73	160	0,819	—	—	—	—	—	242	PO_4	Campanha não aproveitada			
	73	0,831	eliminando os 4 últimos pontos									$Br^{#2}$	O esgoto mudou de direção no mar e juntou-se ao esgoto mais fresco
	108	0,794	eliminando os 3 últimos pontos									$Br^{#2}$	O campo de esgoto dirigiu-se para as pedras.
	191	0,993	—	—	—							$Br^{#2}$	

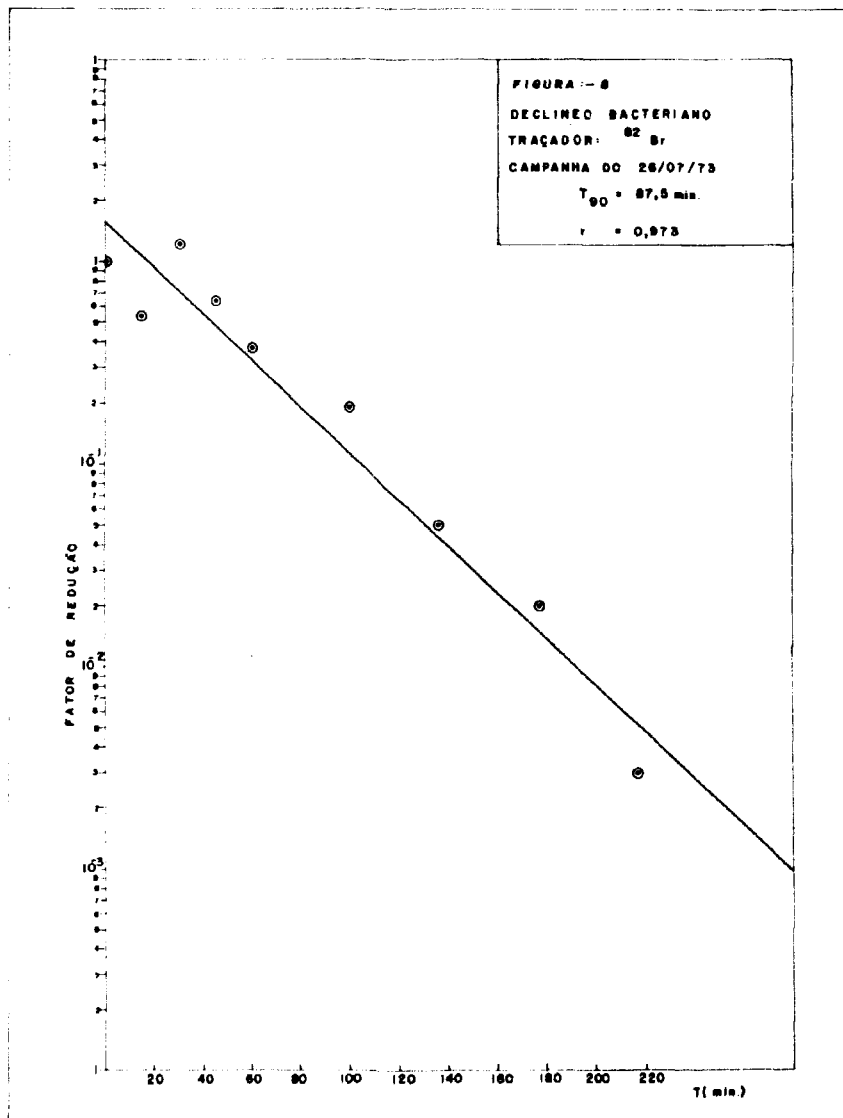
TABELA 1

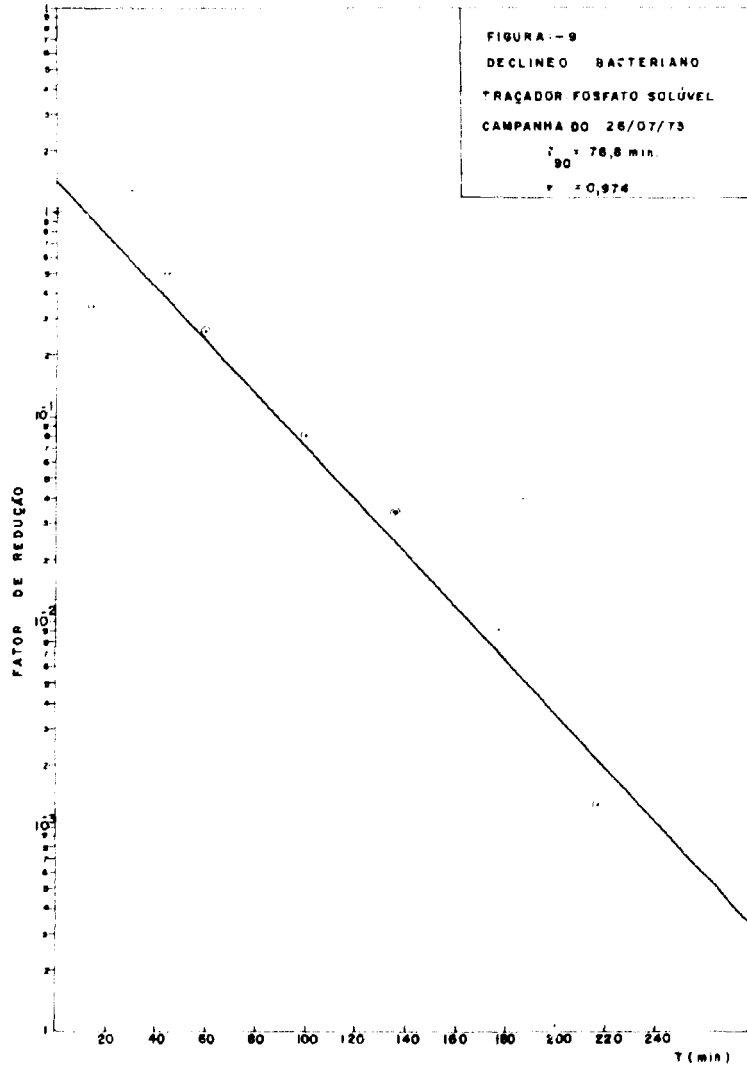
Dados e Parâmetros das Campanhas no Campo de Esgotos

DATA	FASE EXPONENCIAL					FASE RESISTENTE		Duração Total t_f (min)	Diluição Br^{82} PO_4	OBSERVAÇÕES
	SEM TIME-LAG		COM TIME-LAG			T90 (min)	t_r (min)			
	T90 (min)	r	T90 (min)	r	t_0 (min)					
14.06.73										Os cartões a deriva atrasaram-se em relação ao esgoto. Erro em excesso.
28.06.73	96	0,982				N	D	165	PO_4 PO_4 PO_4	Curva de declínio considerada após o ponto 3 porque o esgoto antigo misturou-se com o esgoto mais fresco.
	167	0,921	—	—	—					
	154	0,858	—	—	—					
12.07.73	37	0,967	—	—	—	N	D	180	PO_4 PO_4	Menos 1 ponto Considerou-se todos os pontos
	52	0,923	—	—	—					
	45	0,932	—	—	—					
26.07.73	87	0,973	—	—	—	N	O	215	Br^{82} Br^{82}	Considerou-se todos os pontos Ótima campanha
	77	0,974	—	—	—					
	61	0,967	—	—	—					
05.09.73	56	0,956	—	—	—	N	D	195	Br^{82} PO_4	Eliminando-se o último ponto correspondente a zona de arrebetação
	58	0,917	—	—	—					
	84	0,887	—	—	—					
19.09.73	294	0,729	—	—	—	N	D	151	PO_4 PO_4	
	86	0,852	—	—	—					
	52	0,555	—	—	—					
31.10.73	86	0,852	—	—	—	N	D	200	Br^{82} Br^{82}	Campanha interrompida
	52	0,555	—	—	—					









observar que existe boa concordância entre os valores de diluição física, obtidos a partir do fosfato solúvel e os do Br_2 , injetado em forma contínua.

Comparando-se as figuras 8 e 9 observa-se que a distribuição dos pontos experimentais é semelhante, indicando que a dispersão de valores é fundamentalmente provocada pelos erros associados com a determinação de coliformes.

V - ANÁLISE ESTATÍSTICA

As investigações de decaimento bacteriano no campo de esgoto da Ponta de Itaipú mostram a existência de grande variabilidade nos parâmetros representativos daquele processo.

Na figura 10 representa-se em gráfico lognormal a curva de probabilidade de ocorrência de T-90, desenhada a partir dos dados obtidos nas investigações. Verifica-se que os T-90, em minutos, com excedência entre 20% e 90%, ajustam-se satisfatoriamente a uma distribuição de frequência log-normal, o que faculta escolher essa distribuição para os testes de inferência estatística.

Na figura 11 representa-se a curva de duração dos T-90 observados, indicando-se os níveis de confiança de detecção de valores excepcionais. Nota-se que 75% dos valores observados caem no intervalo com T-90 entre 53 e 118 minutos, o primeiro excedido em cerca de 90% do tempo e o último em apenas 18% do tempo. Em cerca de 70% do tempo, o T-90 varia entre 60 e 120 minutos.

Para todas as experiências realizadas tem-se um T-90 médio de 93 minutos, um desvio padrão de 42 minutos e um coeficiente de variação de 45,3%. Para as experiências, cujos valores de T-90 estão incluídos no intervalo de maior reprodutibilidade (18 a 88% de excedência), o T-90 médio é de 82 minutos, o desvio padrão é de 17 minutos e o coeficiente de variação, de 20,6%. O T-90 correspondente a 50% de excedência é de 84 minutos.

Os valores observados fora desse intervalo podem ser julgados de rara ocorrência (outliers) devido à sua baixa reprodutibilidade, podendo ser admitidos em parte às imprecisões inerente aos métodos de determinação do T-90 representando experiências cujos resultados são de menor confiabilidade.

Para as velocidades de correntes normalmente observadas na Baía de Santos, entre 20 e 30 cm/s e para os níveis médios de dispersão observados, ao dobrar-se o valor do T-90, deve-se dobrar o comprimento do emissário para obter-se a mesma redução de concentração de coliformes ao longo do percurso do campo dos esgotos.

Nota-se, portanto, a importância da escolha de um valor significativo e representativo desse parâmetro.

O valor do T-90 utilizado no projeto deve partir da análise econômica do sistema de disposição oceânica como um todo e, portanto, em função dos demais parâmetros intervenientes.

VI - ENSAIOS EM MEMBRANAS DIALISADORAS

A determinação do decaimento bacteriano com traçamento e amostragem ao longo do campo de esgotos, isto é, nas condições naturais em função do tempo de residência e sujeito à mistura oceânica, é reconhecida por unanimidade como o método mais preciso, significativo e representativo. Sua utilização, entretanto, exige um campo de esgotos e, além disso, devido aos aspectos tecnológicos, requer mobilização de recursos nem sempre disponíveis. Por estas razões tem-se tentado a utilização de técnicas mais simples, para a caracterização do processo de decaimento bacteriano, baseadas principalmente na eliminação da influência da mistura oceânica que é fenômeno de caracterização trabalhosa.

Os ensaios em membranas dialisadoras tem sido utilizados por diferentes pesquisadores, com o propósito de determinar um valor representativo para o T-90, utilizável em projetos de disposição oceânica de esgotos.

Essa técnica tem sido utilizada com frequência em nosso meio.

Os engenheiros Enaido Gravo Peixoto, Fernando Penna Botafogo Gonçalves e o biólogo Evandro Rodrigues Brito, apresentaram um trabalho pioneiro no Brasil sobre essa técnica, no VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, realizado em São Paulo, em 1971.

Reconhecendo as vantagens desse método, do ponto de vista de sua simplicidade e de mobilização de recursos, julgou-se por bem testar a sua significância, precisão e confiabilidade, comparando-se os seus resultados com os resultados obtidos pela técnica de amostragem e traçamento do campo de esgotos que é uma reprodução real, na escala 1 : 1, do fenômeno que se pretende analisar.

Os ensaios de diálise foram realizados pela CETESB.

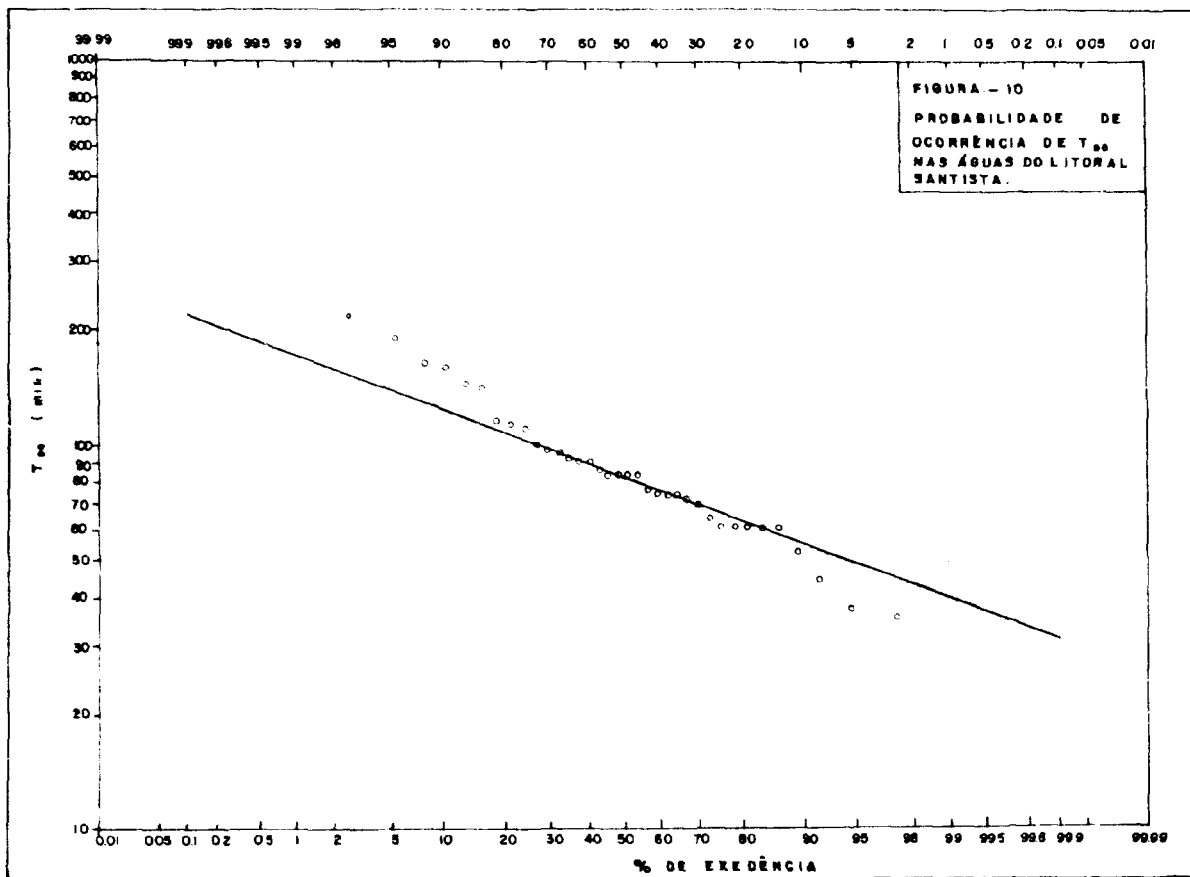
Com exceção dos dois primeiros ensaios, realizados com membrana para rim artificial, obtido no Hospital das Clínicas de São Paulo, os demais ensaios foram realizados em membranas tipo Dialyzer Tubing, 4465-AZ 3 5/8, catálogo Arthur Thomas 68 (Celulose regenerada sem costura, transparente, retém material com peso molecular superior a 12 000 e com diâmetro médio dos poros igual a 4,8 μ).

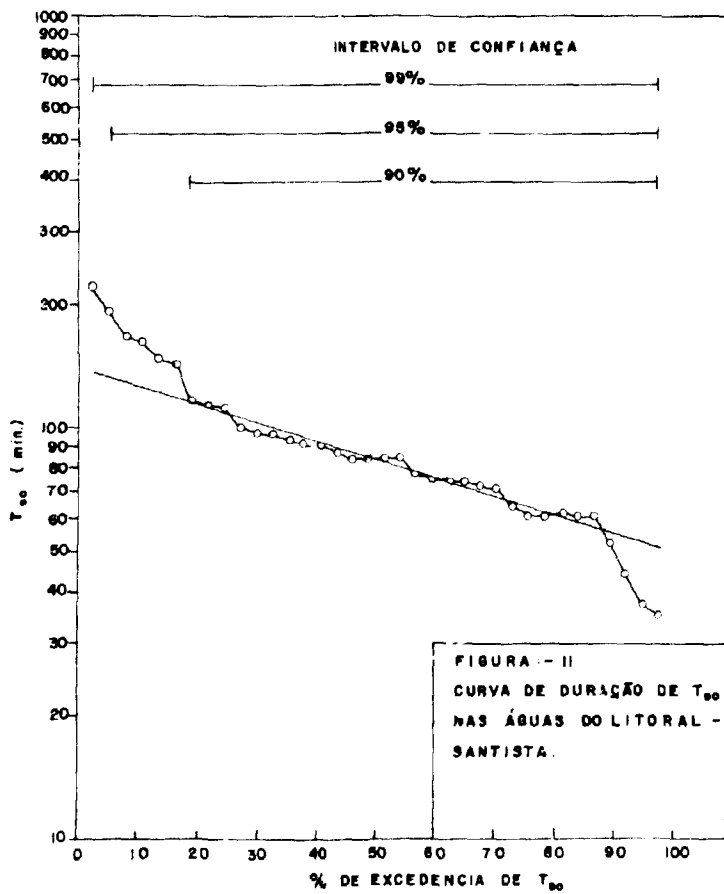
Realizaram-se ensaios sob diversas condições, contendo esgoto bruto fresco, sem e com diferentes diluições e filtrado e não filtrado e com diferentes condições de exposição.

Nas campanhas de 13/1, 20/1, 10/2, 17/2 e 24/2/1972 utilizaram-se esgoto coletado na Ponta do Itaipu, misturado com água do mar. Nas Três campanhas seguintes (23/3, 13/4 e 19/4/1972) realizaram-se simultaneamente duas diálises, uma com esgoto bruto fresco e outra com amostra proveniente do campo de esgoto. Os resultados obtidos foram insatisfatórios, não se constatando nenhum declínio mas sim resultados aleatórios.

Nas campanhas oceanográficas que se realizaram a partir de 19/4/1972, utilizaram-se uma réplica do suporte dialisador preconizado por Evandro Rodrigues de Brito em suas experiências de determinação de T-90.

Com este dispositivo efetuaram-se várias combinações: nas campanhas de 27/4, 9/5 e 30/8/72 empregaram-se simultaneamente dois suportes, um contendo mistura esgoto-água do





mar, em proporções variáveis e outro com esgoto fresco. Novamente, nos suportes contendo esgoto fresco, não se observou declínio bacteriano, sendo os resultados muito pouco confiáveis. Efetuou-se por duplicado a campanha de 24/8/72 para estudar-se a reprodutibilidade do método. Colocando-se a mesma mistura esgoto-água do mar nas duas membranas dialisadoras obteve-se no final resultados muito diferentes.

Realizaram-se vários ensaios para avaliar-se o efeito da sedimentação, e do declínio bacteriano. Nas campanhas de 31/8, 1/9, 5/9, 8/9 e 14/9, 1972, filtrou-se o esgoto por meio de lâ de vidro, antes de preparar-se a mistura com água do mar. Em forma simultânea fez-se a diálise com o esgoto, sem filtrar.

A partir de 18/4/73 modificou-se novamente a técnica. Prepararam-se doze sacos dialisadores individuais, com capacidade de 1000 ml cada, dentro dos quais colocaram-se mistura do esgoto bruto fresco (da canaleta da Ponta de Itaipu) e água oceanográfica (relação 1:50).

Fixaram-se os sacos a um suporte parcialmente imerso no mar, a deriva, para ficarem sujeitos às condições de vento, luz solar, ondas etc., semelhantes a de um campo natural de esgotos. A cada intervalo de 30 minutos, durante 6 horas, retirou-se um dos sacos, mantendo-se os demais dentro da água. Fracionou-se o conteúdo deste saco em três partes, de 300 ml cada, realizando-se a colimetria por triplicado.

Na tabela 2 representam-se para todos os ensaios de diálise realizados, os valores de T-90 e os respectivos coeficientes de correlação obtidos no ajuste da "Lei de Chick" às contagens colimétricas, as condições de diluição inicial no interior da membrana, a natureza do efluente, a temperatura da água em superfície, os valores de T-90 obtidos simultaneamente no campo de esgotos, com traçamento e os respectivos coeficientes de correlação obtidos no ajuste da "Lei de Chick". Nota-se que na maioria dos casos os coeficientes de correlação da diálise são inferiores aos do traçamento ao longo do campo de esgotos. A dispersão dos dados obtidos por diálise é sempre maior que por traçamento.

A partir da totalidade dos dados obtidos procederam-se a sua análise estatística e a comparação entre os métodos de traçamento e diálise.

Na tabela 3 apresenta-se para efeito de comparação e análise estatística, todos os valores de T-90 das campanhas simultâneas de diálise e traçamento, ao longo do campo de esgotos.

Nos ensaios de diálise o T-90 médio é de 149 minutos, seu desvio padrão é de 48 minutos e seu coeficiente de variação, de 32%.

Na mesma série de dados, pelo traçamento do campo de esgotos, obtém-se um T-90 médio de 97 minutos, um desvio padrão de 44 minutos e um coeficiente de variação de 45%.

O desvio dos T-90 obtidos por diálise em relação ao observado no campo de esgotos é de 52 minutos, correspondente a um desvio relativo de 73% e a um coeficiente de variação de 95,4%.

Os desvios absolutos variam de 7 a 172 minutos ou de 7,8% a 282%.

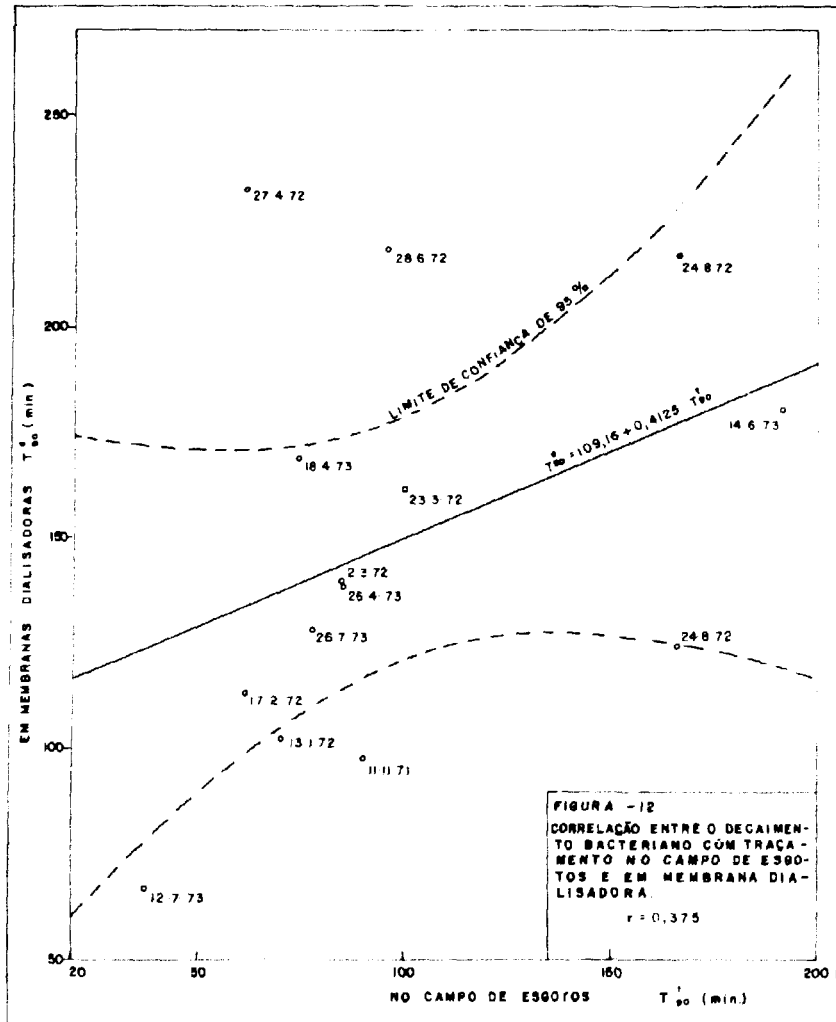


TABELA 2

Dados e Parâmetros dos Ensaio de Diálise e no Campo de Esgotos

DATA	EM MEMBRANAS DIALISADORAS			NO CAMPO DE ESGOTOS		TEMPERATURA DA AGUA DO MAR NA SUPERFICIE (°C)	OBSERVAÇÕES
	T90 (min)	r_d	Distância (D ₀)	T90 (min)	r_t		
11.11.71	97	0,971	30	90	0,970	22,9	
14.12.71	225	0,453	10	74	—	24,8	Muito pouco conf.avel
13.01.72	102	0,939	60	70	0,950	23,0	
20.01.72	*	—	—	123	0,965	27,5	
10.02.72	279	0,572	100	75	0,970	26,5	Rompimento de membrana
17.02.72	113	0,942	150	61	0,967	26,7	
24.02.72	324	0,050	—	42	0,967	27,2	Fase resistente
02.03.72	139	0,950	130	84	0,962	26,5	
23.03.72	1) 161	0,811	—	100	0,964	27,00	
	2) ∞	—	0				2) Esgoto fresco
13.04.72	1) **	0,705	—	64	0,958	26,0	
	2) ∞	—	0				2) Esgoto fresco
19.04.72	1) **	—	—	161	0,918	23,7	
	2) ∞	—	0				2) Esgoto fresco
27.04.72	1) 233	0,918	100	61	0,973	25,0	Ilha das Palmas
	2) ∞	—	0		—		2) Esgoto fresco

* indeterminado

** m. p. c. = muito pouco confiável

TABELA 2

Dados e Parâmetros dos Ensaios de Diálise e no Campo de Esgotos

DATA	EM MEMBRANAS DIALISADORAS			NO CAMPO DE ESGOTOS		TEMPERATURA DA AGUA DO MAR	OBSERVAÇÕES
	T90 (min)	r_d	Diluição (D_o)	T90 (min)	r_t	NA SUPERFÍCIE (°C)	
09.05.72	1) 196 2) ∞	0,869 —	100 0	—	—	25,6	Esgoto fresco
24.08.72	1) 125 2) 217	0,969 0,712	— —	166	0,977	21,9	
25.08.72	1) 142	0,840	100	—	—	22,9	Muito pouco confiável
30.08.72	1) 139	0,758	100	—	—	20,0	
31.08.72	1) 61 2) *	0,891 —	50 50	— —	— —	21,1	1) Esgoto não Filtrado 2) Esgoto Filtrado
01.09.72	1) 98 2) 152	0,954 0,933	50 50	— —	— —	21,1	1) Esgoto Filtrado 2) Esgoto não Filtrado
05.09.72	1) ** 2) 451	— 0,619	50 50	— —	— —	21,1	
06.09.72	1) 217 2) 312	0,952 0,922	50 50	— —	— —	— —	1) Esgoto Filtrado 2) Esgoto não Filtrado
14.09.72	1) 407 2) 840	0,688 0,538	50 50	— —	— —	— —	
18.04.73	1) 169	0,838	50	74	0,986	27,2	
26.04.73	1) 138	0,918	50	84	0,884		

* indeterminado

** m. p. c. = muito pouco confiável

TABELA 2

Dados e Parâmetros dos Ensaio de Diálise e no Campo de Esgotos

DATA	EM MEMBRANAS DIALISADORAS			NO CAMPO DE ESGOTOS		TEMPERATURA DA ÁGUA DO MAR NA SUPERFÍCIE (°C)	OBSERVAÇÕES
	T90 (min)	r_d	Diluição (D ₀)	T90 (min)	r_t		
14.06.73	180	0,913	50	191	0,993		
28.06.73	132	0,995	50	96	0,982		
12.07.73	67	0,995	50	37	0,967	23,1	
26.07.73	128	0,940	50	77	0,972	20,8	
16.08.73	*	—	50	—	—	19,8	Campanha Interrompida
05.09.73	186	0,927	50	61	0,967	18,8	
19.09.73	*	—	50	85	0,887	20,4	
31.10.73	66	0,950	50	—	—	22,8	

Do ponto de vista estatístico os dados acima apresentados seriam suficientes para revelar a grande discordância dos resultados obtidos pelos dois diferentes métodos.

Na figura 12 representa-se a correlação linear ajustada, para os T-90 obtidos pelos dois diferentes métodos. Obteve-se um coeficiente de correlação de 0,375, considerado muito baixo.

A regressão apresenta grande dispersão e baixo coeficiente de correlação.

Nota-se que dos 14 pontos 5 estão fora do intervalo de confiança de 95%.

Aplicando-se teste de inferência estatística de hipótese nula:

$$H_0 \quad \mu_d = \mu_t$$

para pequenas amostras, no intervalo de confiança de 5% da distribuição t, de Student, obtém-se o valor $t = 3,8 > 2,16$.

Este resultado conduz à rejeição de hipótese nula, traduzindo a discordância das médias obtidas pelos dois métodos.

Utilizando-se da equação de regressão obtida, verifica-se que a valores de T-90, com traçamento no campo de esgotos, de 60, 84 e 120 minutos, correspondem valores de T-90 por diálise, de 134, 144 e 159 minutos respectivamente, sendo as diferenças em cada caso de 74, 60 e 39 minutos.

Como o número de experiência é relativamente pequeno, procuram-se avaliar as diferenças resultantes da eliminação dos ensaios julgados menos confiáveis (dias 27/04/72, 24/08/72 (b) e 28/06/73).

Na tabela 4 apresentam-se os dados e as estatísticas dos ensaios, já eliminados os menos confiáveis.

Na figura 13 representa-se, para esses dados a correlação dos T-90 obtidos pelos dois diferentes métodos. O coeficiente de correlação obtido é igual a 0,794.

O T-90 médio dos ensaios de diálise é de 127 minutos e o traçamento no campo de esgotos é de 94 minutos. As estatísticas de variabilidade revelam uma maior dispersão dos valores de T-90 obtidos por traçamento.

A menor variabilidade do T-90 dos ensaios de diálise pode ser atribuída à menor sensibilidade dessas experiências aos efeitos naturais devido ao confinamento nas membranas.

Utilizando-se da equação de regressão obtida verifica-se que a valores de T-90, com traçamento, de 60, 90 e 120 minutos correspondem respectivamente valores estimados de T-90 em ensaios de diálise de 112, 135 e 157 minutos, sendo as diferenças de 52, 45, e 37 minutos, respectivamente.

No intervalo de confiança de 95% incluem-se 9 entre os 11 experimentos seleccionados.

Aplicando-se o mesmo teste de hipótese nula para as médias obtém-se;

TABELA 3
 Comparação Estatística de Investigações simultâneas de Decaimento Bacteriano
 com Traçamento no Campo de Esgotos e em Membranas Dializadoras

DATA (DILUIÇÃO)	DIÁLISE		TRAÇAMENTO		DESVIO ABSOLUTO (min)	DESVIO RELATIVO (%)	OBSERVAÇÕES
	Td90 (min)	r _d [*]	Td90 (min)	r _t			
1) 11.11.71 (30)	97	0,971	90	0,970	7	7,8	m. p. c. **
2) 13.01.72 (60)	102	0,939	70	0,950	32	45,7	Bom
3) 17.02.72 (150)	113	0,942	61	0,967	52	85,2	desprezando os 2 últimos pontos
4) 02.03.72 (130)	139	0,950	84	0,962	55	65,5	desprezando os 3 últimos pontos
5) 23.03.72	161	0,811	100	0,964	61	61,0	bom
6) 27.04.72 (100)	233	0,718	61	0,973	172	282,0	m. p. c.
7) 24.08.72	a) 217	0,712	166	0,977	- 51	30,7	bom
	b) 125	0,769	166	0,977	41	- 24,7	m. p. c.
8) 18.04.73 (50)	169	0,838	74	0,986	95	128,4	bom
9) 26.04.73 (50)	138	0,918	84	0,884	54	64,3	bom
10) 14.06.73 (50)	180	0,913	191	0,993	- 11	5,7	bom
11) 28.06.73 (50)	219	0,885	96	0,982	123	128,1	m. p. c.
12) 12.07.73 (50)	67	0,995	37	0,967	30	81,1	bom
13) 26.07.73 (50)	128	0,940	77	0,972	51	66,2	bom
TOTAL	2088		1357		731	1015,6	
MÉDIA	149		97		53	73	
S ²	2.305		1.900		2.637	5.204	
S	48		44		51	72	
C.V. = 100 . $\frac{S}{x}$	32,2%		45,0%		97,8%	99,4%	
REGRESSÃO LINEAR: $T_{90}^1 = 109,16 + 0,4125 T_{90}^2$ $r_{c,t} = 0,375$ = coeficiente de correlação de regressão.							

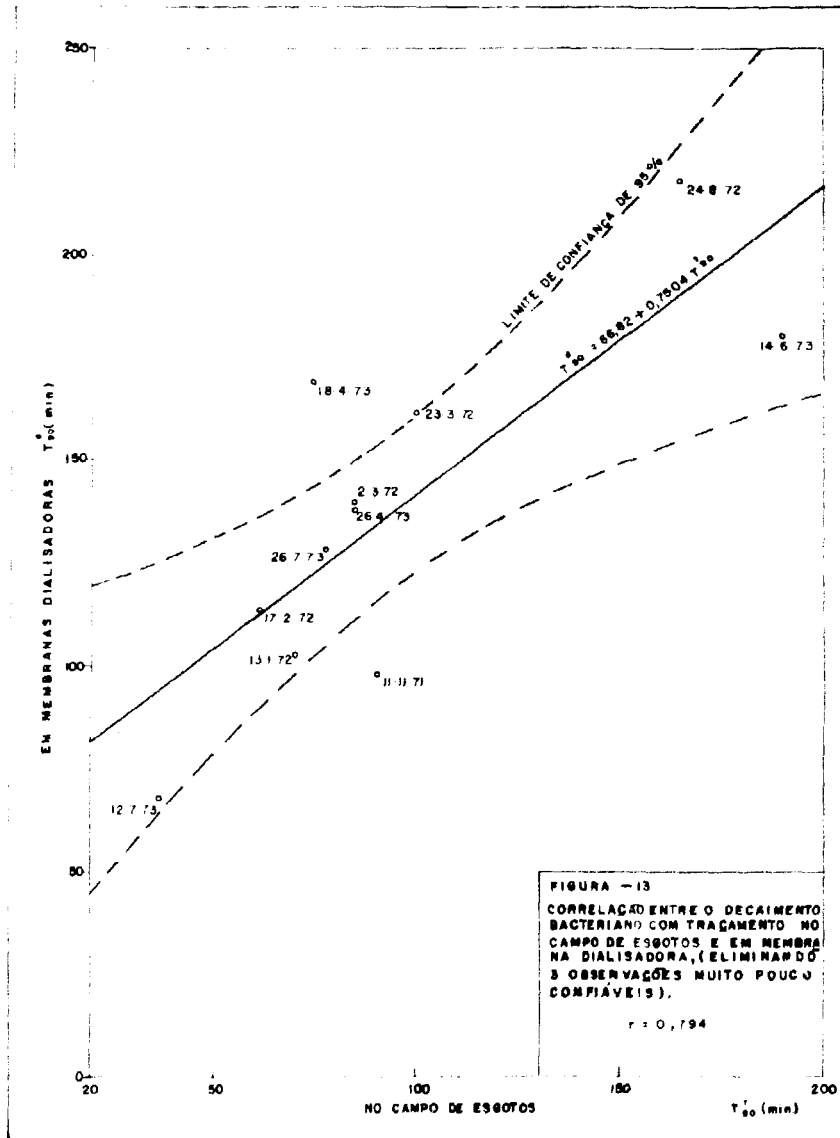
* coeficiente de correlação das investigações de decaimento

** m. p. c. = muito pouco confiável

TABELA 4
Comparação Estatística de Investigações Simultâneas de Decaimento Bacteriano
com Traçamento no Campo de Esgotos e em Membranas Dialisadoras

DATA (DILUIÇÃO)	DÍALISE		TRAÇAMENTO		DESVIO ABSOLUTO (min)	DESVIO RELATIVO (%)	OBSERVAÇÕES
	Td ₉₀ (min)	r _d [*]	Td ₉₀ (min)	r _t [*]			
1) 11.11.71 (30)	97	0,971	90	0,970	7	7,8	m. p. c. **
2) 13.01.72 (60)	102	0,939	70	0,950	32	45,7	bom
3) 17.02.72 (150)	113	0,942	61	0,967	52	85,2	desprezando-se os 2 últimos pontos
4) 02.03.72	139	0,950	84	0,962	55	65,5	desprezando-se os 3 últimos pontos
5) 23.03.72	161	0,811	100	0,964	61	61,0	bom
6) 24.08.72	217	0,712	166	0,977	51	30,7	bom
7) 13.04.73 (50)	169	0,838	74	0,986	95	128,4	bom
8) 26.04.73 (50)	138	0,918	84	0,884	54	64,3	bom
9) 14.06.73 (50)	180	0,913	191	0,993	11	5,7	bom
10) 12.07.73 (50)	67	0,995	37	0,982	30	81,1	bom
11) 26.07.73 (50)	128	0,940	77	0,972	51	66,2	bom
TOTAL	1511		1034		477	630,2	
MEDIA	137		94		43	57	
S ²	1659		1859		728	1261	
S	41		43		27	36	
CV 100 $\frac{S}{\bar{x}}$	29,6%		45,9%		62,2%	62,0%	
REGRESSÃO LINEAR: T ₉₀ ^d = 66,82 + 0,7504 T ₉₀ ^t r _{d,t} = 0,794 = coeficiente de correlação da regressão							

- * = r = coeficiente de correlação das investigações de decaimento.
** = m. p. c. = muito pouco confiável.



$$t = 5,30 > 2,23,$$

traduzindo ainda a rejeição da hipótese de semelhança dos dois métodos.

A análise estatística apresentada neste item é suficiente para mostrar a diferença de resultados que se obtém pelos dois processos e a baixa confiabilidade dos ensaios de diálise, comparados aos de traçamento e amostragem ao longo do campo de esgotos. O primeiro método proporciona valores de T-90 da ordem do dobro dos que se obtém pelo uso do segundo método.

O dimensionamento do emissário de Santos, com os valores de T-90 obtidos por ensaio de diálise resultaria em um comprimento quase duas vezes superior ao necessário.

VII - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Podem-se considerar satisfatórios os resultados obtidos nas campanhas de determinação do declínio bacteriano, por traçamento "in situ". A técnica experimental utilizada na segunda fase do trabalho apresentou vantagens em relação a primeira, fundamentalmente pela possibilidade de medir-se a diluição física com dois traçadores independentes.

A identificação do corpo de água para a amostragem, por meio de cartões à deriva é problemática quando o vento torna-se relativamente forte. Com esta condição observou-se discordância frequente de comportamento entre o movimento dos cartões e do esgoto.

Pode-se utilizar satisfatoriamente o fosfato solúvel como traçador conservativo para o cálculo da diluição física, por misturação oceânica, nos casos em que a vazão de esgoto lançado no mar é igual ou superior a $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Caso contrário, depois de um intervalo de tempo relativamente pequeno, as concentrações estariam fora do limite de detecção do fosfato na água do mar ($50 \mu\text{g}/\text{l}$), impedindo a realização de campanhas com duração superior a 3 horas que é o tempo considerado mínimo desejável, para caracterizar o decaimento bacteriano em águas tropicais.

Não se pode considerar suficiente o número de ensaios comparativos efetuados com membranas dialisadoras, para chegar-se a uma conclusão definitiva sobre a validade do método na determinação do T-90. As comparações, entretanto, permitem suspeitar sobre a significância e confiabilidade de seus resultados, para o dimensionamento racional de sistema de disposição oceânica de esgoto. O decaimento bacteriano observado em membranas dialisadoras é altamente dependente de fatores circunstanciais e experimentais, tais como: preparo e exposição de membranas, diluição inicial, floculação e sedimentação, característica do efluente, manuseio etc.

VIII - CONCLUSÕES

As pesquisas realizadas permitiram as seguintes conclusões:

- a) para projetar-se sistemas de disposição oceânica de esgotos necessita-se de preferência, realizar um número suficientemente grande de ensaios, com traçamento e amostragem ao longo de um campo de esgotos, usando-se injeções contínuas de traçadores

- b) as concentrações de fosfato solúvel, nas amostras coletadas ao longo do campo de esgotos podem ser satisfatoriamente utilizadas para caracterizar a diluição física, por misturação oceânica, quando a vazão do esgoto for igual ou superior a $1 \text{ m}^3/\text{s}$. A análise espectro-fotométrica permite detectar concentrações de até $50 \mu\text{g}/\text{l}$ de fosfato solúvel neste tipo de amostras.
- c) para os futuros trabalhos aconselha-se utilizar dois traçadores radioativos, simultaneamente: um de meia vida relativamente curta, como $^{82} \text{Br}$, injetado em forma instantânea, para ser utilizado na identificação do corpo de água, e outro, de meia vida maior (por exemplo $^{131} \text{I}$, com $T_{1/2} = 8$ dias), injetado em forma contínua e constante, para medir-se a diluição física. As medições de atividade no laboratório seriam efetuadas após o decaimento do primeiro traçador.
- d) em águas tropicais o tempo mínimo desejável de duração, de cada campanha, no campo de esgotos, é de 3,0 horas e o período de observação é de 1 ano.
- e) os ensaios de diálise só deverão ser utilizados após a confirmação de sua confiabilidade, significância, precisão e reprodutibilidade por meio de pesquisas exaustivas e intensivas, de confronto com o método de medição direta por traçamento e amostragem ao longo do percurso do campo de esgotos, e nas mesmas condições ambientais. Além disso, o número de amostras coletadas e o número de ensaios devem ser estatisticamente representativos. A técnica, o método e o instrumental utilizado devem ser especificados detalhadamente.
- f) a escolha do T-90 para projeto deve ser estabelecida a partir da análise econômica do sistema de disposição oceânica como um todo e, portanto, em função dos demais parâmetros intervenientes. Nas águas tropicais o T-90 é um fator preponderante no dimensionamento dos sistemas de disposição oceânica de esgotos.

APÊNDICE

MÉTODOS ANALÍTICOS UTILIZADOS

ANÁLISE QUÍMICA DOS FOSFATOS

O método utilizado pelo laboratório Físico-Químico da CETESB, na determinação quantitativa do orto fosfato em água do mar e nos esgotos baseia-se na reação dele com o molibdato de amônio e tartarato de potássio e amônio, em meio ácido, e posterior redução do produto da reação com o ácido ascórbico.

Esse método permite a detecção, com segurança, de $50 \mu\text{g}/\text{l}$ de ortofosfato, numa faixa de utilização de até $450 \mu\text{g}/\text{l}$.

O procedimento analítico para determinação do orto-fosfato solúvel obedeceu rigorosamente o "Standard Methods for the examination of Water and Wastewater", 13th Edition, 1971, (que corresponde basicamente ao método descrito no "A Manual of Sea Analysis", Bulletin nº 125, by J. D. H. Strickland T. R. Parsons).

As amostras coletadas em frascos âmbar de boca larga foram imediatamente preservadas com a adição de uma solução de cloreto-mercúrio, em uma concentração de $40 \text{ mg}/\text{l}$ e congeladas a -10°C em salmoura (gelo sal de cozinha, 3:1)

Entre a coleta e a análise de laboratório, em média, o tempo decorrido foi de 9 hs. As

amostras, ao chegarem ao laboratório, foram descongeladas e filtradas em membranas "Millipore" de $0,45 \mu$. O orto-fosfato solúvel foi determinado no filtrado.

Considerando-se os baixos níveis de fosfatos a serem detetados em determinadas estações de amostragem, deu-se preferência ao vasilhame de vidro (previamente lavado com ácido clorídrico diluído a quente e posteriormente com água destilada), em vez do vasilhame de plástico, para contornar a possibilidade dos fosfatos ficarem adsorvidos nas paredes de plástico.

DETERMINAÇÃO DO GRUPO DE BACTÉRIAS COLIFORMES

Utilizou-se o método dos tubos Múltiplos recomendado pelo "Standard methods for the Examination of water and Wastewater", 13th Edition, 1971 (Método Padrão do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos). Determinou-se o número mais provável de Coliformes (NMP Coli Total/100 ml) por meio do exame previsto (fermentação em caldo lactosado, 24-48 horas, $34 \pm 0,5^\circ\text{C}$) e pelo exame confirmativo (fermentação em meio de verde brilhante bile 2%, 48 h, $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$).

As amostras coletadas em frascos estéreis foram preservadas em geladeiras de isopor com gelo, desde o início da coleta até a chegada ao laboratório (em média, 9 horas).

Na primeira etapa do trabalho, coletaram-se 3 amostras independentes em cada ponto. Cada uma delas foi triplicada, proporcionando um total de nove resultados por ponto.

Na segunda etapa coletou-se apenas uma amostra por ponto, triplicando-a no laboratório.

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ^{81}Br EM ÁGUA DO MAR

Separou-se o ^{81}Br da água do mar por oxidação do brometo a bromo elementar e extração com Cl_4C , sendo finalmente precipitado como Ag Br e medido em um detector de NaI (Tl) de 3×3 polegadas, tipo poco, com blindagem de chumbo de 10 cm de espessura.

Na separação do bromo utilizou-se o seguinte procedimento:

Colocaram-se amostras de 1 litro em funis de separação e adicionaram-se 50 mg de KBr , acidificando com 10 ml de H_2SO_4 concentrado.

Oxidou-se o Br^- com KBrO_3 e extraiu-se o Br elementar, repetidas vezes, com Cl_4C até desaparecimento da cor amarela na fase aquosa.

Depois da extração, destacou-se a fase aquosa, e lavou-se a fase orgânica duas vezes, com 50 ml de água destilada (para eliminar o Cl_4C da água do mar que poderia ter ficado emulsificada no Cl_4C). Extraiu-se o bromo com 50 ml de solução de hidroxilamina (concentração 1 g/l), sendo posteriormente precipitado como Ag Br , com um excesso de solução de Ag NO_3 .

Filtrou-se o precipitado que foi depois lavado três vezes com água destilada e com álcool e secado a temperatura ambiente.

Para a medição no detector de cintilação com cristal de NaI (Tl) , colocou-se cada

precipitado junto com o papel de filtro em um tubo plástico, com dimensões suficientes para ir dentro do poço do detector e variaram-se os tempos de contagem entre 5000 segundos, para as amostras mais diluídas e 1000 segundos, para as mais concentradas. A contagem de background foi 3 cps, sendo $10,3 \times 10^3$ cps/ μCi ^{82}Br a sensibilidade do detector.

AGRADECIMENTOS

Os equipamentos utilizados nas medições de radioatividade, no campo (scalers BASC, sondas detetoras com cristais de NaI (Tl), registradoras RUSTRAK e rádios transmissores-receptores) foram doados pela Organização dos Estados Americanos - OEA, a qual expressamos nossos agradecimentos pela importante ajuda no desenvolvimento do projeto "Aplicação de Radioisótopos na Engenharia Sanitária".

ABSTRACT

Oceanographic studies were performed at the sewage out-let from Santos São Vicente cities, in order to determine the T_{90} values for the die away of bacterias.

Forty two oceanographic surveys were carried out, over a period of two years, using two different techniques. The first consisted in an instantaneous injection of a radioactive tracer (^{82}Br), for the identification of the collecting in the sea. Physical dilution was measured through the soluble phosphate concentration. The second technique consisted in the continuous injection of the radioactive tracer, over a period of 2,5 hours, measuring the physical dilution with the bromide and phosphate concentrations. Specially designed small floats were used for identification of the collecting points.

An statistical study of the results showed a good concordance between both methods.

In several surveys, tests with dializers where also simultaneously performed, at the same place, in order to compare the results. An statistical study showed no correlation between the results from dializers and the "in situ" tracing technique.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, WASHINGTON - "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 13th edition, 1971.
- 2 - CRAVO PEIXOTO, E; BOTAFOGO GONÇALVES, F. P., RODRIGUES DE BRITO, E. "Emprego do Tubo dialisador em determinações do Decaimento bacteriano em Campos a se Formar no Mar por Lançamento Submarino de Efluentes Sanitários", VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, São Paulo, 1971.
- 3 - OCCHIPINTI, A. G., "Pesquisa de decaimento Bacteriano e Virulógico nas Aguas do Litoral Santista", 1973 Relatório Técnico da Hidroconsult.
- 4 - SANCHEZ, W., GARCIA AGUDO, E; LEOMAX, J. S; OCCHIPINTI, A. G." Estudos Para o sistema de Disposição Oceânica de Esgotos de Santos e São Vicente - Relatório Parcial n^o 2 - Misturação Oceânica - Publicação IEA - 301 (1973).
- 5 - GARCIA AGUDO, E, e outros; "Estudos para o Sistema de Disposição Oceânica de Esgotos de Santos e São Vicente - Relatório Parcial n^o 3 - Medição de Vazão de Esgoto - Publicação IEA - 319 (1973).
- 6 - LUDWIG, R. G "Esgotos Sanitários: Lançamentos Submarinos" - Revista Saneamento-DNOS, n^o 46, pag. 82-89, 1973.
- 7 - HANSEN, J. A. "Tracer Engineering in Coastal Pollution control" - Nuclear Techniques in Environmental Pollution - Proc. of a Symposium - IAEA - 1971 - Vienna p 567-582.

INDICE

RESUMO	1
I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
II - METODOLOGIA	2
III - PARTE EXPERIMENTAL	3
IV - PROCESSAMENTO DE DADOS	9
V - ANÁLISE ESTATÍSTICA	22
VI - ENSAIOS EM MEMBRANAS DIALISADORAS	22
VII - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	35
VIII - CONCLUSÕES	35
APÊNDICE	36
MÉTODOS ANALÍTICOS UTILIZADOS	36
ANÁLISE QUÍMICA DOS FOSFATOS	36
DETERMINAÇÃO DO GRUPO DE BACTÉRIAS COLIFORMES	37
DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ⁸² BR EM ÁGUA DO MAR	37
AGRADECIMENTOS	38
ABSTRACT	38
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	38