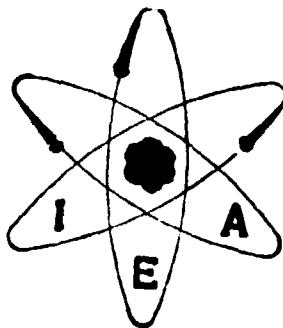


BR7701167



**DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DISPERSORA DE CORPOS D'ÁGUA
RECEPTORES DE EFLUENTES POLUIDORES POR MEIO
DAS TÉCNICAS RADIOISOTÓPICAS**

**JOSÉ LEOMAX DOS SANTOS, EDMUNDO GARCIA AGUDO,
AUGUSTO MERIGHI JUNIOR e WLADIMYR SANCHEZ**

INFORMAÇÃO IEA N.º

Janeiro — 1976

49

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

**DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DISPERSORA DE CORPOS D'ÁGUA
RECEPTORES DE EFLUENTES POLUIDORES POR MEIO
DAS TÉCNICAS RADIOISOTÓPICAS**

**José Leomax dos Santos, Edmundo Garcia Agudo, Augusto Merighi Junior,
e Wladimir Sanchez**

**Coordenadoria de Aplicações de Radioisótopos e de
Radiações na Engenharia e na Indústria
Instituto de Energia Atômica
São Paulo – Brasil**

**Informação IEA Nº 49
Janeiro – 1976**

CONSELHO SUPERIOR

Eng^o Roberto N. Jafet — Presidente
Prof. Dr. Emílio Mattar — Vice-Presidente
Prof. Dr. José Augusto Martins
Dr. Ivano Humbert Marchetti
Eng^o Helcio Modesto da Costa

SUPERINTENDENTE

Prof. Dr. Emílio Ribeiro Pieroni

INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA
Caixa Postal 11.049 (Pinheiros)
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"
SÃO PAULO — BRASIL

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DISPERSORA DE CORPOS D'ÁGUA RECEPTORES DE EFLUENTES POLUIDORES POR MEIO DAS TÉCNICAS RADIOISOTÓPICAS

José Leomax dos Santos*, Edmundo Garcia Agudo*, Augusto Merighi Junior*,
e Wladimyr Sanchez

RESUMO

Descrevem-se as técnicas utilizadas para a determinação das características dispersoras de corpos d'água receptores de efluentes domésticos e industriais, por meio de radioisótopos. A diluição dos poluentes é resultante dos processos físicos de mistura das águas efluentes, variando de acordo com as características do corpo receptor. Neste relatório relatam-se os estudos de diluição efetuados no mar, provocada pela mistura oceânica, no litoral de Maceió (Alagoas) e Fortaleza (Ceará). Os fatores de diluição foram determinados por meio de campanhas que tinham por objetivo investigar o comportamento do declínio bacteriano e virológico em águas costeiras tropicais. Em cada campanha injetou-se, de forma contínua, a atividade de 10 Ci de ^{82}Br produzido pela irradiação de brometo de potássio no reator IEAR-1. A injeção de material radioativo, em forma de solução, é efetuada a montante do ponto de saída do esgoto, em forma contínua e com vazão constante. A distância entre o ponto de injeção e o de saída do esgoto, para o corpo d'água receptor deve ser suficiente para permitir uma perfeita homogeneização do traçador com o efluente. As medições de radioatividade, na água do mar são efetuadas com o auxílio de uma sonda detectora (com cristal de NaI(Tl)) e de instrumentos eletrônicos associados (scaler a bateria, marca BASC e registradores gráfico RUDOTRAK).

1 - INTRODUÇÃO

Um efluente de esgotos domésticos ou de resíduos industriais, ao ser lançado em um corpo de água receptor, sofre diluição e difusão. Dependendo das características físicas desse corpo receptor existe predominância de um fenômeno sobre o outro.

A diluição é resultante dos processos físicos de mistura das águas efluentes com as do corpo receptor, e caracteriza-se pelo decréscimo de concentração dos constituintes do efluente.

Em decorrência da complexidade dos processos físicos envolvidos no problema, para cada caso particular torna-se imprescindível a realização de investigações "in loco" caracterizando a correta evolução dos fatores de diluição^(4,5).

(*) Membros da Superintendência de Tecnologia da CETESB

Neste trabalho relatam-se os estudos de diluição efetuados no mar, por equipe formada por pessoal da CETESB e do IEA, como parte de um amplo programa de pesquisas oceanográficas para estudos de lançamento submarino de esgotos.

Realizaram-se trabalhos desta natureza nas cidades litorâneas de Santos, São Vicente e Guarujá,^(1, 3, 6 e 7) estando em andamento pesquisas similares em Maceió e em Fortaleza.

Os estudos de diluição foram efetuados em campanhas que tinham como objetivo principal a determinação do declínio bacteriano e virulógico na água do mar.

2 – NATUREZA DO PROBLEMA

Dois tipos de problemas são analisados nas investigações. Um deles consiste na determinação dos fatores de diluição física observados em diferentes pontos de um campo de esgoto já existente. O outro consiste na previsão de fatores de diluição a serem observados quando for efetuado o lançamento real do efluente.

2.1 – DILUIÇÕES OBSERVADAS EM CAMPOS DE ESGOTO EXISTENTES

Seja C_B a concentração de um elemento poluente qualquer, existente no efluente. Ao ser lançado no corpo de água receptor, ele sofre uma diluição inicial F_0 , definida pela relação:

$$F_0 = \frac{C_B}{C_0} \quad (1)$$

onde C_0 representa a concentração do poluente no corpo de água receptor, no local do lançamento.

As diluições subsequentes, observadas em qualquer ponto do campo de esgoto, estão relacionadas normalmente com os intervalos de tempo t , em que se processam essas diluições que podem ser representadas matematicamente, em relação ao valor inicial C_0 , por meio da equação:

$$F_i = \frac{C_0}{C_i} \quad (2)$$

onde C_i representa a concentração do poluente em um ponto qualquer do campo de esgoto.

Os valores de diluição física podem ser correlacionados com o tempo ou com a distância percorrida, desde o ponto de lançamento, porque essas duas variáveis se correlacionam por meio da velocidade.

2.1.1 – TRAÇADORES UTILIZADOS

A maioria dos poluentes existentes nos esgotos domésticos são inadequados para utilização como traçadores, na determinação dos fatores de diluição física, apresentando, entre outros, inconvenientes de sedimentação, pouca sensibilidade de detecção, instabilidade química, etc.

Os traçadores corantes, como a rodamina B ou a fluoresceína, não são utilizáveis nos esgotos ou efluentes quimicamente agressivos por serem facilmente degradados⁽²⁾

Para superar estas dificuldades utilizam-se traçadores radioativos que apresentam, entre outras, as vantagens de grande sensibilidade de detecção e seletividade. Entre os vários isótopos radioativos disponíveis, o Bromo-82, obtido por irradiação de brometo de potássio (KBr) ou brometo de amônia (NH₄ Br) com neutrons, no reator nuclear do Instituto de Energia Atômica de São Paulo tem sido utilizado com maior frequência. Dissolve-se o sal irradiado e injeta-se a solução obtida em forma contínua, com vazão constante, no esgoto que já está sendo lançado.

2.1.2 – METODOLOGIA DE MEDIÇÃO

Durante as observações, tomam-se providências para que o efluente seja lançado com vazão constante. A injeção do traçador radioativo é efetuada à montante do ponto de saída do esgoto, em forma contínua e com vazão constante. A distância entre o ponto de injeção e o de saída do esgoto para o corpo d'água receptor deve ser suficiente para permitir uma perfeita homogeneização do traçador com o efluente. Nestas condições, o radioisótopo sofre a mesma diluição que o esgoto, e por meio de medições da sua concentração, em diferentes pontos, pode-se calcular os fatores de diluição física correspondentes.

As medições são realizadas com auxílio de um pequeno barco (3 a 4 metros de comprimento) onde se instalam uma sonda detectora de radiação e os instrumentos eletrônicos associados (Scaler e registrador gráfico).

As medições são iniciadas com o campo de esgoto já definido, uma hora após o início da injeção do traçador radioativo, aproximadamente. A primeira medição é efetuada no local de despejo do efluente, quando o lançamento é superficial, ou no "borbulhão", no caso de despejo em profundidade, na região de máxima concentração do traçador. Simultaneamente com essa medição, lança-se pequena quantidade de solução de rodamina B, no local, para se poder seguir visualmente o deslocamento do corpo de água amostrado.

Transcorrido certo intervalo de tempo, aproxima-se o barco do centro da mancha de rodamina, na direção perpendicular ao deslocamento do campo de esgoto, registrando-se o valor máximo de concentração de traçador nessa seção. No ponto onde se registra o valor máximo de atividade (que corresponde a diluição mínima experimentada pelo poluente nesse intervalo de tempo), lança-se novamente outra pequena quantidade de solução de rodamina. Repete-se este procedimento em intervalos de tempo regulares, determinando-se a posição de cada ponto de medição por meio de sextantes. Colocando-se os valores obtidos em um gráfico torna-se possível determinar a curva de diluição física em função do tempo ou da distância percorrida pelo campo de esgoto.

Nos casos em que se trabalha com efluentes de esgoto domésticos coletam-se simultaneamente amostras para a determinação de fósforo, em laboratório, de acordo com o "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 13th Edition, 1971. Analisam-se as concentrações de fósforo em paralelo com as de material radioativo, a título de comparação. As concentrações de fósforo são muito baixas, atingindo-se rapidamente o limite de detecção, e por isso os resultados são imprecisos. Ademais, quando existem contribuições de novas fontes de esgotos, ao longo do campo, o fósforo deixa de ter significado para o cálculo dos fatores de diluição.

Na ilustração 1 mostram-se os resultados de diluição física obtidos em Fortaleza,

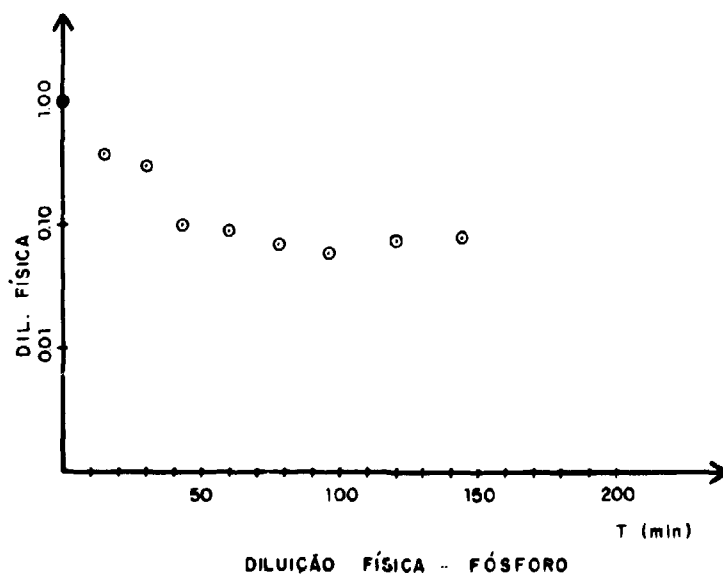
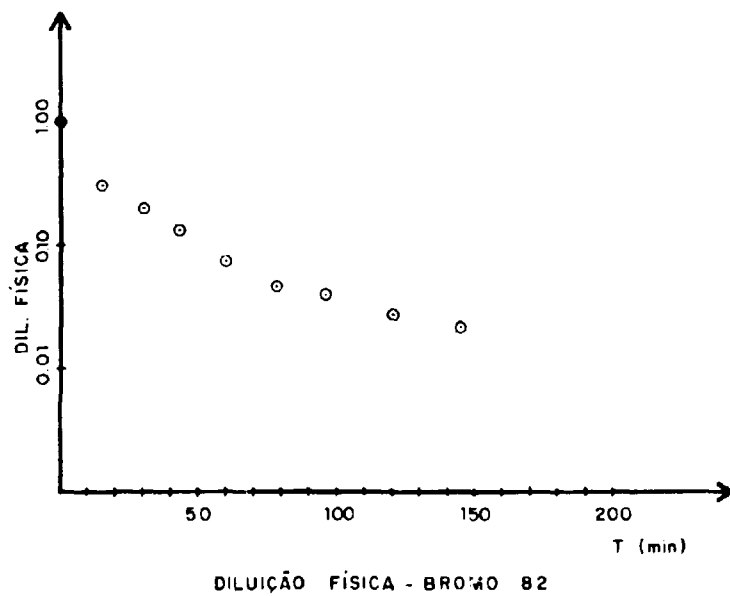


Ilustração 1 - Campanha Oceanográfica realizada em Fortaleza, no dia 13/09/75.

utilizando-se fósforo e bromo radioativo, simultaneamente, como traçadores. Pode-se observar que a curva correspondente ao fósforo é mais imprecisa, aumentando a concentração nos últimos pontos pela contribuição de outras fontes de esgoto.

2.1.3 – RESULTADOS TÍPICOS

Apresentam-se na Tabela I os valores típicos do tempo necessário para reduzir a concentração de poluentes, por diluição física, em um fator 10, nas pesquisas realizadas em Maceió, em abril de 1974. Determinaram-se estes tempos por regressão linear utilizando-se o método dos mínimos quadrados.

Nessa tabela constam também os valores do coeficiente de correlação para cada regressão.

Tabela I

Valores Típicos do Tempo Necessário para Reduzir a Concentração de Coliformes por Diluição Física, em um Fator 10, Maceió, Abril de 1974

DATA	T 1/10* (horas)	CORRELAÇÃO
21/04/75	5,1	0,949
23/04/75	5,8	0,849
25/04/75	6,4	0,837

* Tempo necessário para se obter um fator de diluição mínimo de 10 vezes.

2.2 – PREVISÃO DOS FATORES DE DILUIÇÃO FÍSICA

A previsão dos fatores de diluição física, em campos de esgoto deve ser realizada por meio de investigações com traçadores radioativos. O método de injeção contínua pode ser aplicado, desde que se disponha de um sistema para a injeção do traçador e que simule o lançamento do efluente. Geralmente, em decorrência da falta de sistemas de lançamento de efluente obtêm-se as informações necessárias por meio de dados relativos a distribuição espacial e temporal de um traçador radioativo lançado de forma puntiforme e instantânea no local previsto para o despejo do efluente.

2.2.1 – METODOLOGIA UTILIZADA

Nas campanhas realizadas para se prever os fatores de diluição física, injeta-se na

superfície do mar: uma solução contendo quantidade perfeitamente conhecida de material radioativo.

Determina-se posteriormente a evolução espacial do traçador em função do tempo, efetuando-se diversas varreduras da mancha produzida e medindo em forma contínua a concentração do radioisotopo, por meio de um detector mergulhado a 1 m de profundidade.

Determina-se a posição do barco por meio de sextantes. Os pormenores da técnica de injeção e de rastreamento no mar podem ser obtidos em publicações anteriores^(1, 3, 6 e 7).

Representa-se a distribuição espacial do traçador radioativo por meio de curvas de isoatividade, calculadas e desenhadas gráficamente por meio de uma calculadora programável, Hewlett Packard, modelo 9810-A, com registrador gráfico associado, e programa especialmente desenvolvido⁽⁸⁾.

Representam-se na Ilustração 2, as curvas de isoatividade obtidas em uma campanha realizada em Maceió, em dezembro de 1974.

Para o cálculo dos fatores de diluição física, a partir dos valores da distribuição espacial do traçador em uma injeção instantânea e puntiforme, utiliza-se um modelo matemático desenvolvido pelo Danish Isotope Center^(4, 5).

A formulação desse modelo baseia-se na hipótese da emissão contínua de um poluente ser dividida em série de emissões discretas e consecutivas. Considerando-se o campo de esgoto estabilizado, cada parte discreta em que se divide a injeção contínua, contribui para a concentração em qualquer ponto do campo, com uma curva de concentração similar a obtida por meio da injeção contínua. Obtém-se a concentração em dado ponto do campo, somando-se as contribuições de todas as parcelas discretas em que pode ser dividida a injeção contínua.

O modelo conduz a seguinte expressão, para o cálculo da diluição, em um ponto qualquer:

$$F = \frac{Q}{AS} \int_{t_1}^{t_2} (n - n') dt \quad (3)$$

onde:

F = Fator de diluição;

Q = Vazão prevista para o efluente;

A = Atividade injetada;

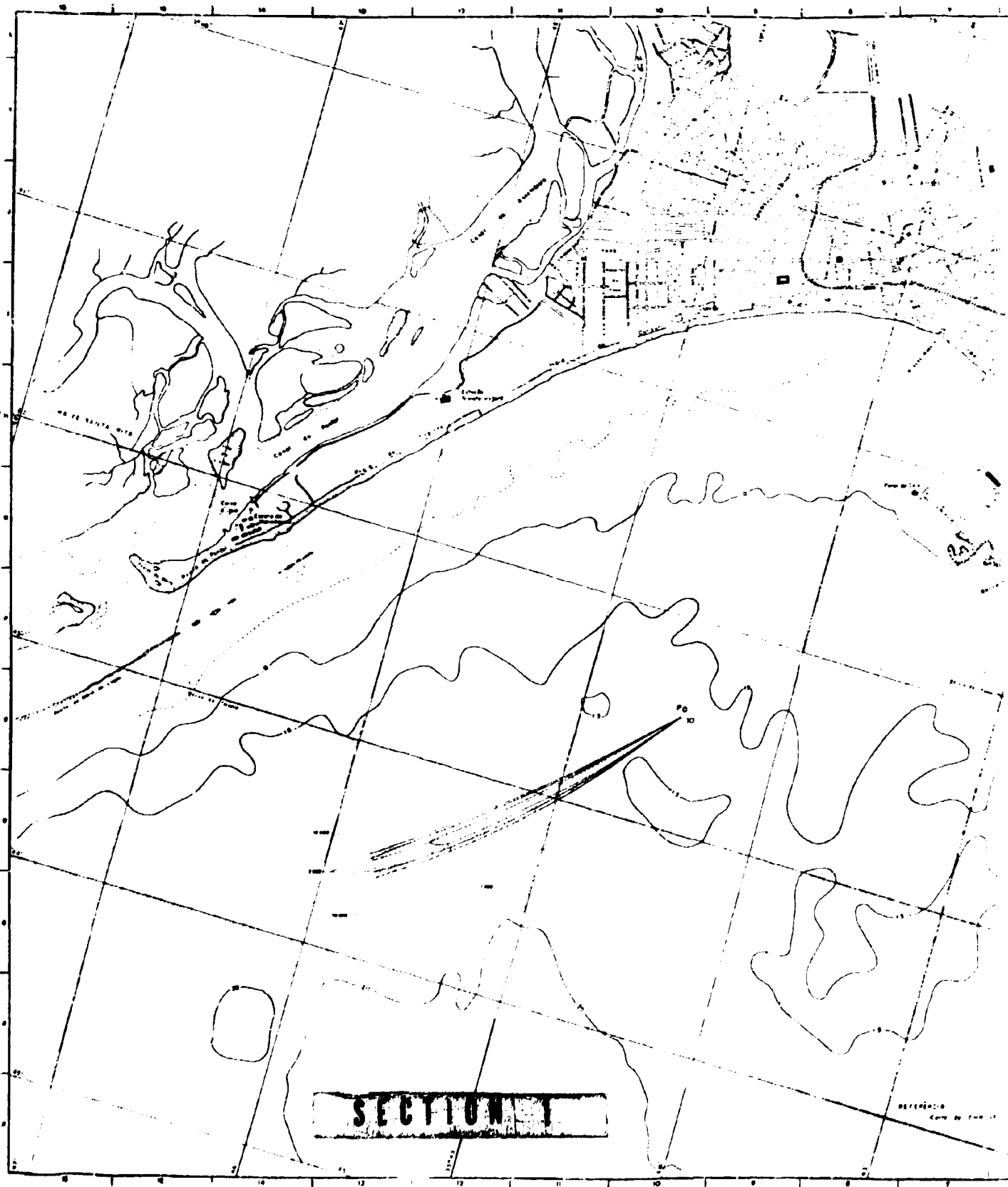
S = Sensibilidade do detector utilizado na medição da radioatividade;

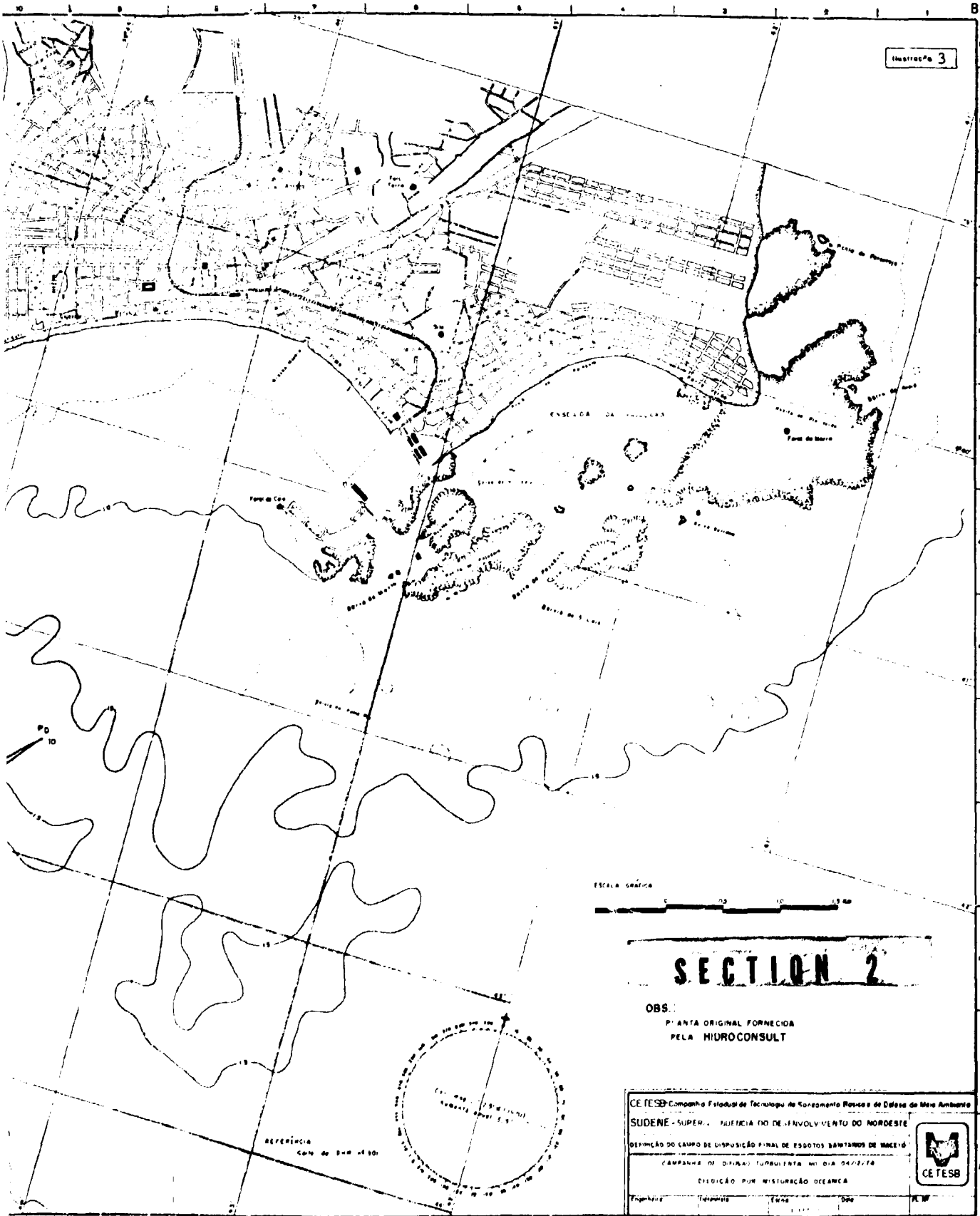
t_1 e t_2 = Limites de integração. Definem o tempo de passagem da onda radioativa pelo local em estudo;

n' = Taxa de contagem da radiação de fundo ou "background" de radiação;

n = Taxa de contagem registrada na passagem da onda radioativa.

Este modelo conduz a resultados satisfatórios quando a advecção da mancha se processa com velocidade constante.






ESCALA GRÁFICA



SECTION 2

OBS:
 PLANTA ORIGINAL FORNECIDA
 PELA HIDROCONSULT

CE TESB: Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e Defesa do Meio Ambiente SUDENE - SUPER. - AGENCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE DEFINIÇÃO DO CAMPO DE DISPOSIÇÃO FINAL DE ESGOTOS SANITÁRIOS DE MACEIÓ CAMPANHA DE DIGNA TURBULENTO ANO 04/2014 DEDICADO POR RESTAURAÇÃO OCEÂNICA			
Engenheiro	Técnico		Escala

REFERÊNCIA
COM O D.M. 4001

Para as curvas de isoatividade que constam na ilustração 2, a aplicação deste modelo, permitiu determinar as curvas de isodiluição representadas na ilustração 3.

3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados de diluição obtidos por meio de medições diretas ou por aplicação de modelos, são elementos valiosos na escolha das soluções mais adequadas para a disposição final de efluentes poluidores. Eles permitem determinar o declínio bacteriano e verificar se é possível atingir os padrões sanitários a serem preservados em certos locais.

No caso dos estudos de declínio bacteriano, o conhecimento dos fatores de diluição física é indispensável para se determinar a ação bactericida do corpo receptor.

A metodologia escolhida para os estudos de diluição física de esgotos e dos resíduos industriais esta condicionada a natureza do corpo de água receptor, do sistema de disposição e as características do efluente

A CETESB e o IEA vem realizando rotineiramente estudos desta natureza, dentro de um programa de utilização das técnicas mais recomendadas e modernas para resolver cada problema em particular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GARCIA AGUDO, E et alii *Estudo da difusão turbulenta na costa do Guarujá por meio de técnicas radioisotópicas* (a ser publicada na série de Publicações IEA).
2. _____, et alii *Estudos para o sistema de disposição oceânica de esgotos de Santos e São Vicente, relatório parcial nº 3: medição de vazão do esgoto*. São Paulo, Instituto de Energia Atômica, dez. 1973. (IEA-319).
3. _____ et alii *Estudos para o sistema de disposição oceânica de esgotos de Santos e São Vicente, relatório parcial nº 4: pesquisa de declínio bacteriano*. São Paulo, Instituto de Energia Atômica, jun. 1974. (IEA-344)
4. HARREMOES, P. Prediction of pollution from planned wastewater outfalls. *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, Washington, 38:1323-33. 1966.
5. _____, et alii Tracer investigations of effluent dispersions. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna *Radioisotopes tracers in industry and geophysics: proceedings of a symposium, Prague, 21-25 November, 1966*. Vienna, 1967. p 207-19.
6. OCCHIPINTI, A G et alii *Estudos para o sistema de disposição oceânica de esgotos de Santos e São Vicente: relatório parcial nº 1* São Paulo, Instituto de Energia Atômica, ago 1973 (IEA-300)
7. SANCHEZ, W et alii *Estudos para o sistema de disposição oceânica de esgotos de Santos e São Vicente, misturação oceânica: relatório parcial nº 2* São Paulo, Instituto de Energia Atômica, ago 1973. (IEA-301)
8. SZULAK, C & GARCIA AGUDO, E. *Processamento de dados nos estudos de difusão turbulenta e transporte de sólidos por arraste de fundo, utilizando uma calculadora programável*. São Paulo, Instituto de Energia Atômica, ago. 1974. (IEA-349).