

Radioisótopos - A Nova Ferramenta de Trabalho para Localização de Ligações Clandestinas de Esgotos*

Engenheiro MANUEL O. SENRA ALVARES DA SILVA (**)

Engenheiro WLADIMIR SANCHEZ (***)

RESUMO

A poluição dos cursos de água por lançamento indevido de esgotos, em áreas onde existe rede coletora, levou a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo — Sabesp a implantar em conjunto com a Gerência de Aplicação de Radioisótopos da Cetesb, um novo processo para detectar esses lançamentos clandestinos, utilizando-se uma tecnologia pioneira.

Foram efetuados dois trabalhos completos para identificar as fontes poluidoras da praia do Gonzaguinha, no município paulista de São Vicente, e do lago do Ibirapuera, na cidade de São Paulo. Este trabalho mostrará a avaliação de carga poluidora transportada pelo córrego do Sapa-

teiro em direção à praia do Gonzaguinha.

A técnica de aplicação, além de bastante simples, trouxe resultados altamente satisfatórios. A metodologia pode, resumidamente, ser assim descrita:

- Continuamente, através da aplicação de radioisótopos, por período de tempo suficientemente longo, levantam-se a vazão real de base do córrego e os respectivos incrementos de vazão por trechos.

- Nas seções em que se verifica haver incremento de vazão, coletam-se amostras para determinações físico-químicas, colimetria e demanda bioquímica de oxigênio.

- Identificados os pontos de incremento por contribuições poluídas, passa-se a uma investigação das ligações de esgotos dos imóveis existentes em ambas as margens, naquela seção.

- Coloca-se um detector de radiação junto à tubulação da rede de esgotos e outro na galeria de águas pluviais ou córrego. Adiciona-se ao vaso sanitário da residência investigada cerca de 1 ml de solução radioativa contendo 82 Br, e pressiona-

se o botão de descarga. Quando o esgoto se encaminha para o córrego ou galeria de águas pluviais, o detector de radiação ali colocado indica sua presença. Caso contrário, o detector que se encontra junto à rede normal de esgoto acusará a passagem da solução radioativa pela canalização adequada. Repetindo-se a operação para cada residência, é possível estabelecer um inventário de ligações clandestinas.

Essa técnica é muito seletiva, altamente eficiente, de baixo custo, rápida e segura, permitindo detectar incrementos de vazão da ordem de 1% da vazão total do escoamento.

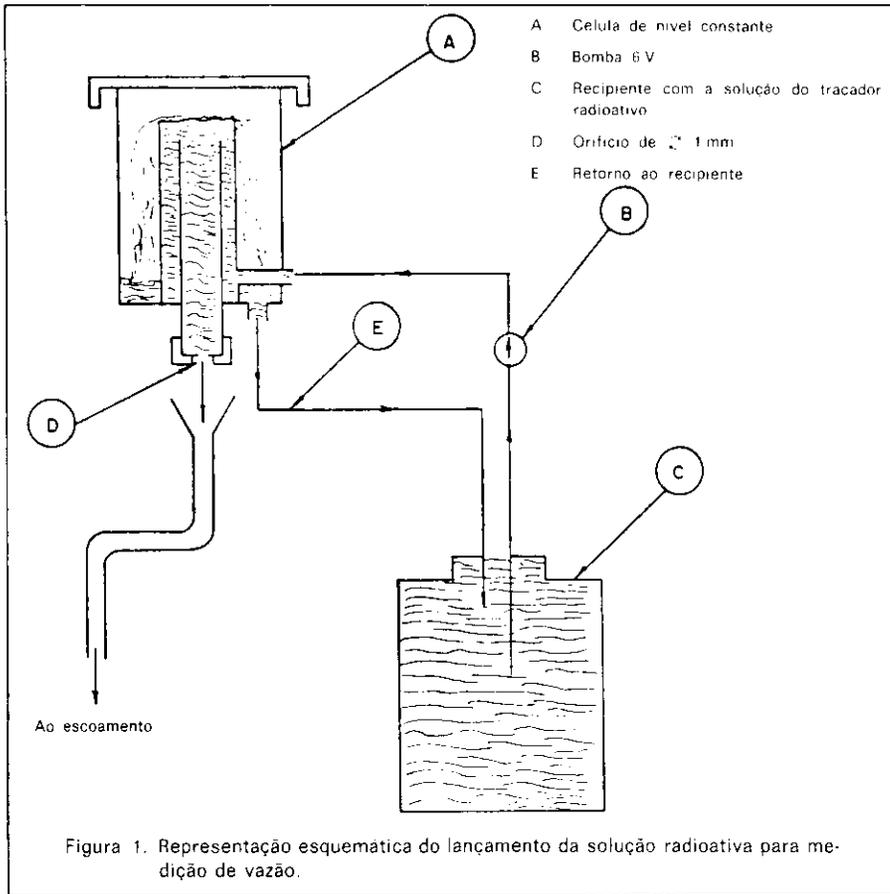
INTRODUÇÃO

É comum a ligação de redes de esgotos, em galerias de águas pluviais, ou em rios de pequeno porte, que escoam com baixas vazões. Para identificar essas conexões torna-se necessário controlar a vazão do escoamento, ao longo de várias seções, por longos períodos, e analisar a variação do fluxograma. Cada incremento de vazão sobre o fluxo-ba-

(*) Trabalho apresentado ao 9.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Belo Horizonte, julho de 1977.

(**) Superintendente de Tratamento e Disposição Final da Sabesp.

(***) Gerente da Gerência de Aplicação de Radioisótopos da Cetesb.



se significa uma contribuição que pode ser de água limpa ou de água servida. Análises químicas e bacteriológicas definirão a natureza da contribuição que chega ao escoamento da galeria ou do córrego.

Nessas galerias de águas pluviais, nos canais ou ribeirões, que formam a rede de drenagem, nem sempre se pode justificar a instalação de régua ou de limnigrafos. Sendo de pequena magnitude, essas vazões só poderiam ser medidas por meio de vertedouros ou de outros dispositivos similares. Muitos desses escoamentos transportam grande quantidade de materiais sólidos que impedem a utilização das técnicas convencionais de medição de vazão.

Em decorrência desses inconvenientes, passou-se a utilizar a técnica radioisotópica para medição de pequenas vazões.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo — Sabesp constituiu uma comissão técnica para, em conjunto com a Cetesb, determinar a carga poluidora transportada pelo córrego do Sapateiro e seus afluentes, em direção à praia do Gonzaguinha, em São Vicente.

Análises bacteriológicas efetuadas pela Cetesb nas águas da praia do Gonzaguinha mostravam a existência de uma concentração de coliformes

fecais relativamente alta. Um dos contribuintes significativos dessa poluição foi identificado como sendo o córrego do Sapateiro.

Esse córrego, com vazão de base relativamente pequena, recebe contribuições clandestinas de esgotos, provenientes de algumas residências situadas na área de sua bacia de drenagem, transportando-os para a praia do Gonzaguinha.

É sabido que as fezes humanas contêm sempre um número relativamente alto de bactérias do grupo coliformes. O estudo da variação local dessa concentração de coliformes, da variação de DBO das águas do córrego e dos incrementos de vazão do mesmo permitiu identificar as zonas de afluência e facilitou a delimitação das áreas cujas residências contribuíram para a carga poluidora transportada pelo córrego.

Numa segunda etapa dos trabalhos foram identificadas as residências que lançavam esgotos no córrego, ao mesmo tempo em que se descobriam quais as casas que, embora ligadas à rede coletora de esgotos, não estavam, contudo, cadastradas pela Superintendência Regional da Baixada — SRB, unidade da Sabesp com sede em Santos.

Os trabalhos foram iniciados em 06-04-76 e terminaram em 04-06-76.

TÉCNICA RADIOISOTÓPICA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO

Essa metodologia, ainda pouco conhecida nos meios técnicos do país, consiste em medir a taxa de diluição que sofre uma solução radioativa, injetada continuamente, com vazão constante, no escoamento que se deseja medir. Em qualquer seção, a jusante do ponto de lançamento, e suficientemente distante para permitir boa homogeneização do radioisótopo com o escoamento, podem ser escolhidas diversas seções de controle de vazão.

Denominando:

- Q a vazão do escoamento na galeria ou córrego;
- q a vazão constante de lançamento da solução radioativa;
- C_1 a concentração que está sendo lançada;
- C_2 a concentração em cada seção de controle, pode-se escrever a relação matemática seguinte:

$$qC_1 = (Q + q) C_2$$

Sendo o valor de q desprezível em relação a Q (em geral, sua relação é inferior a 1:10000), essa equação pode ser simplificada para:

$$Q = q \frac{C_1}{C_2}$$

As vazões Q e q são inversamente proporcionais a suas concentrações C_1 e C_2 . Os erros que se cometem dependem diretamente das imprecisões ocorridas nas medições de q, C_1 e C_2 .

A maior dificuldade para o uso dessa técnica refere-se à construção do sistema de injeção constante, da solução radioativa, que deve possuir as seguintes características:

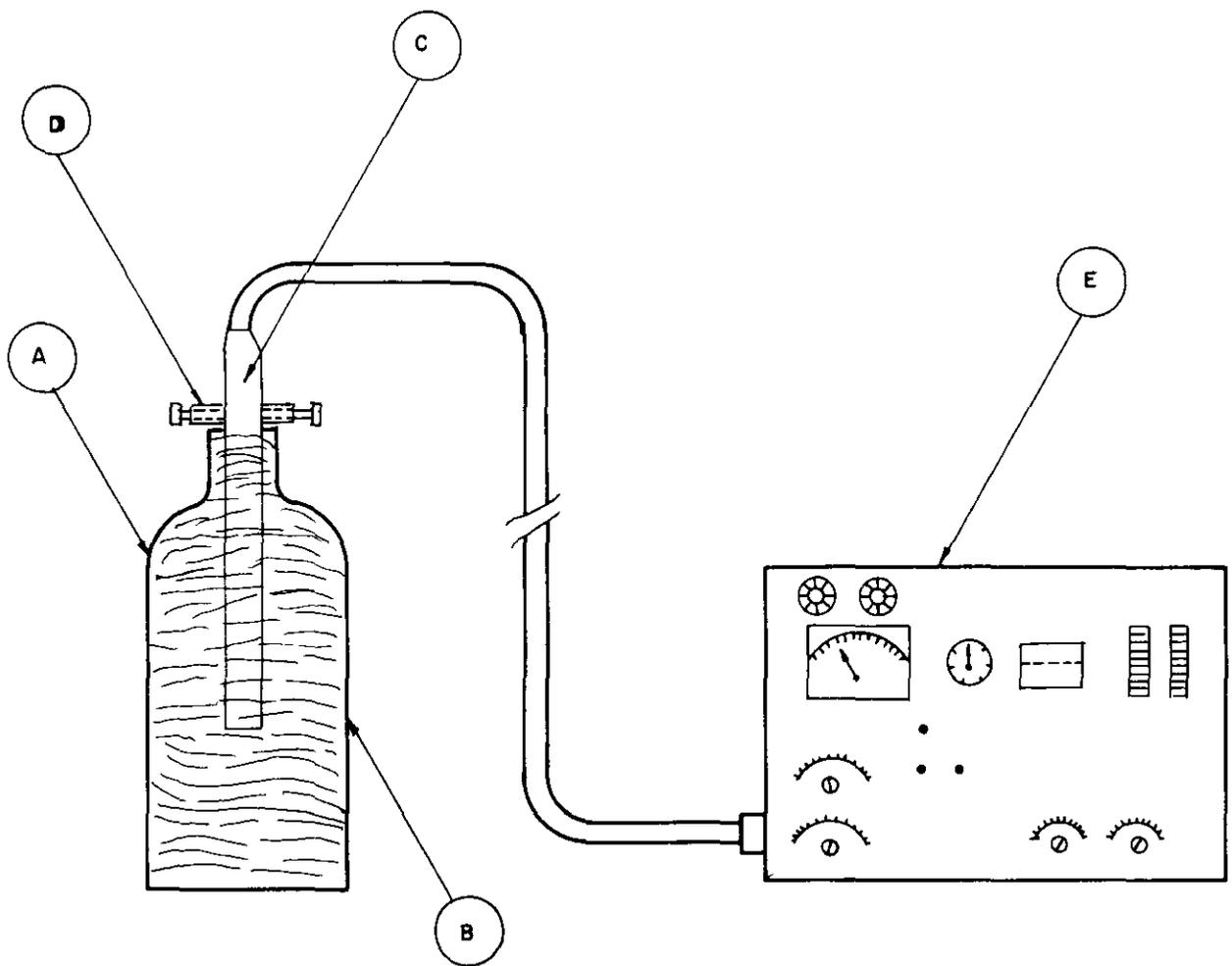
1 — Sua vazão deve ser rigorosamente constante. Qualquer variação na vazão de lançamento da solução reflete na precisão da medição:

2 — Deve ser simples e portátil, para facilitar o trabalho de campo;

3 — Deve ser seguro, do ponto de vista radiológico, para evitar que o pessoal envolvido receba dose de radiação acima do limite derivado do trabalho mensal;

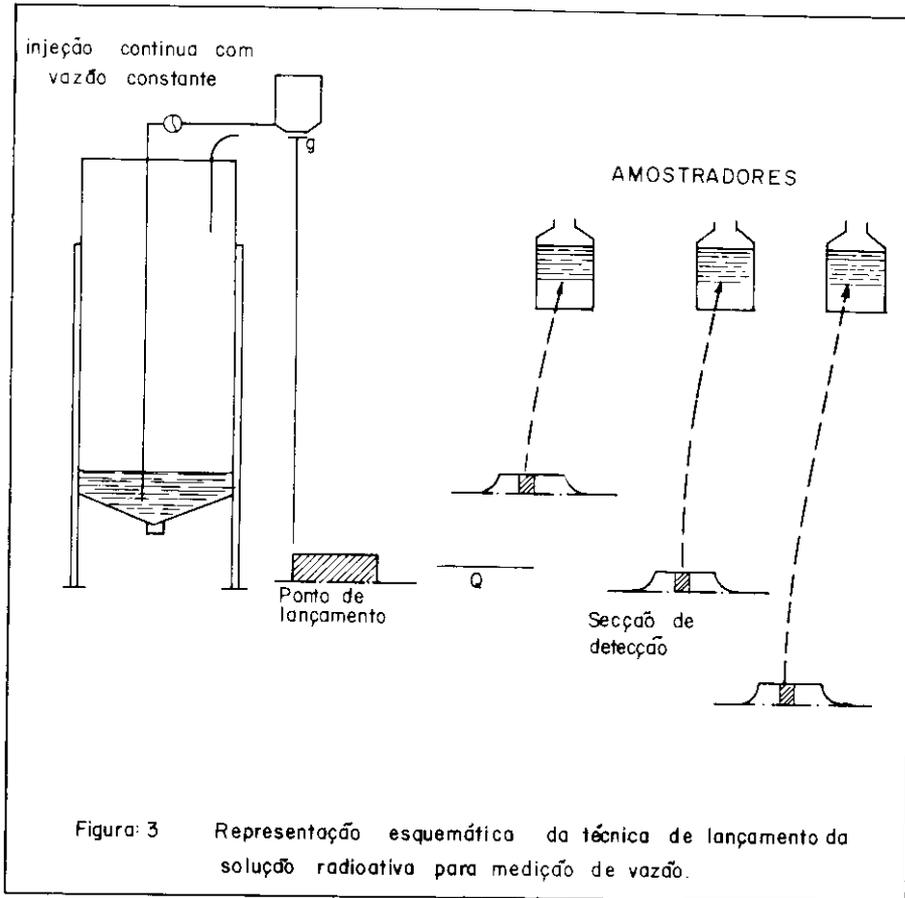
4 — A vazão de lançamento deve ser pequena, para permitir longos períodos de injeção, com pequeno volume de solução.

Representa-se na Figura 1 o sistema contínuo da solução radioativa, no escoamento.



- (A) Recipiente de medição
- (B) Amostra (5 litros)
- (C) Detector de Radiação
- (D) Suporte do detector
- (E) Escalímetro "Basc"

Figura: 2 Representação esquemática do sistema de medição da concentração radioativa nas amostras coletadas.



As taxas de contagem da radioatividade, referentes às concentrações C_1 e C_2 , são determinadas em amostras coletadas e medidas em garrafas plásticas de 5 litros, mergulhando-se o detector no seu centro e mantendo-se as mesmas condições de geometria. Mostra-se na Figura 2 o sistema de medição da concentração radioativa das amostras coletadas. Representa-se na Figura 3 o sistema utilizado nas medições de vazão.

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA TÉCNICA

A técnica proporciona bons resultados quando o escoamento não se apresenta em regime laminar. A turbulência facilita a homogeneização do traçador radioativo com o escoamento, diminuindo a distância entre o ponto de lançamento e a primeira seção de amostragem. Além disso, ela ajuda a diminuir o tempo gasto nas medições, porque a homogeneização se processa mais rapidamente, diminuindo a duração do trabalho.

Pode-se escolher um radioisótopo que não sofra reações químicas com o esgoto, não seja absorvido ou adsorvido. O fenômeno de retenção do traçador radioativo e o mecanismo de troca iônica são em grande parte atribuídos à capacidade catiônica dos minerais argilosos ou dos colóides

que constituem a maioria dos sedimentos e materiais em suspensão na água. Por isso, os melhores traçadores radioativos são aqueles que se apresentam sob forma aniônica, como o ^{82}Br , que é utilizado nesse trabalho. A sensibilidade dos contadores de cintilação, na detecção do ^{82}Br , emissor de radiação gama, permite medir concentrações de soluções radioativas bem inferiores aos valores das concentrações máximas permissíveis, fixadas nas Normas Básicas de Segurança Radiológica, da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

As medições são relativamente simples e isentas de ambigüidades, acarretando erro da ordem de 1%.

As desvantagens da técnica são:

- Ela não se presta para medições por períodos muito longos (superiores a 24 horas seguidas), porque se torna antieconômica.

- Os radioisótopos não podem ser armazenados por longos períodos, em decorrência do decaimento radioativo, e por isso a técnica só pode ser empregada desde que haja previsão "a priori" de fornecimento de material radioativo.

- A técnica exige a participação de mão-de-obra especializada, em decorrência das implicações de manuseio de material radioativo, regulamentadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear.

ESCOLHA DAS SEÇÕES DE AMOSTRAGEM

Quando o traçador radioativo se homogeneiza com o escoamento, a sua concentração passa a ser constante em qualquer ponto da seção considerada, isto é,

$$\int_{t_1}^{t_2} C(t) dt = k$$

Significa que o ponto de lançamento da solução radioativa e o da primeira seção de amostragem ou de medição devem estar separados por uma distância suficiente para assegurar boa mistura. A distância mínima de homogeneização pode ser estimada, "a priori", por meio de fórmulas empíricas, como por exemplo:

$$L_{min} = a \cdot Q^{1/2}$$

L_{min} = distância mínima de homogeneização;

a = coeficiente igual a 50 quando o lançamento se processa a meia altura do escoamento e igual a 200 para lançamentos superficiais;

Q = vazão estimada do escoamento.

Um detector de radiação colocado no escoamento, na primeira seção de medição, comprovará se a concentração se encontra constante em qualquer um dos seus pontos e, conseqüentemente, se houve ou não homogeneização.

A partir da primeira seção escolhem-se as demais, ao longo do escoamento, em princípio separadas entre si por 100 metros, aproveitando-se os poços de visita (PV) que existem nas galerias de águas pluviais ou os pontos imediatamente a montante de contribuições visíveis, para evitar que a nova afluência provoque falta de homogeneidade no escoamento.

Em intervalos regulares de tempo coletam-se amostras de água, em cada seção, que são cadastradas e encaminhadas para um lugar conveniente (geralmente situado a meia distância entre as seções extremas), para serem medidas. O tempo de medição de cada amostra varia de um a cinco minutos, dependendo da concentração detectada. Assim, é possível obter, para cada seção, a flutuação de vazão ao longo do tempo. Comparando-se os valores de vazão, em cada seção, ao longo do tempo e conhecendo-se o fluxo de base

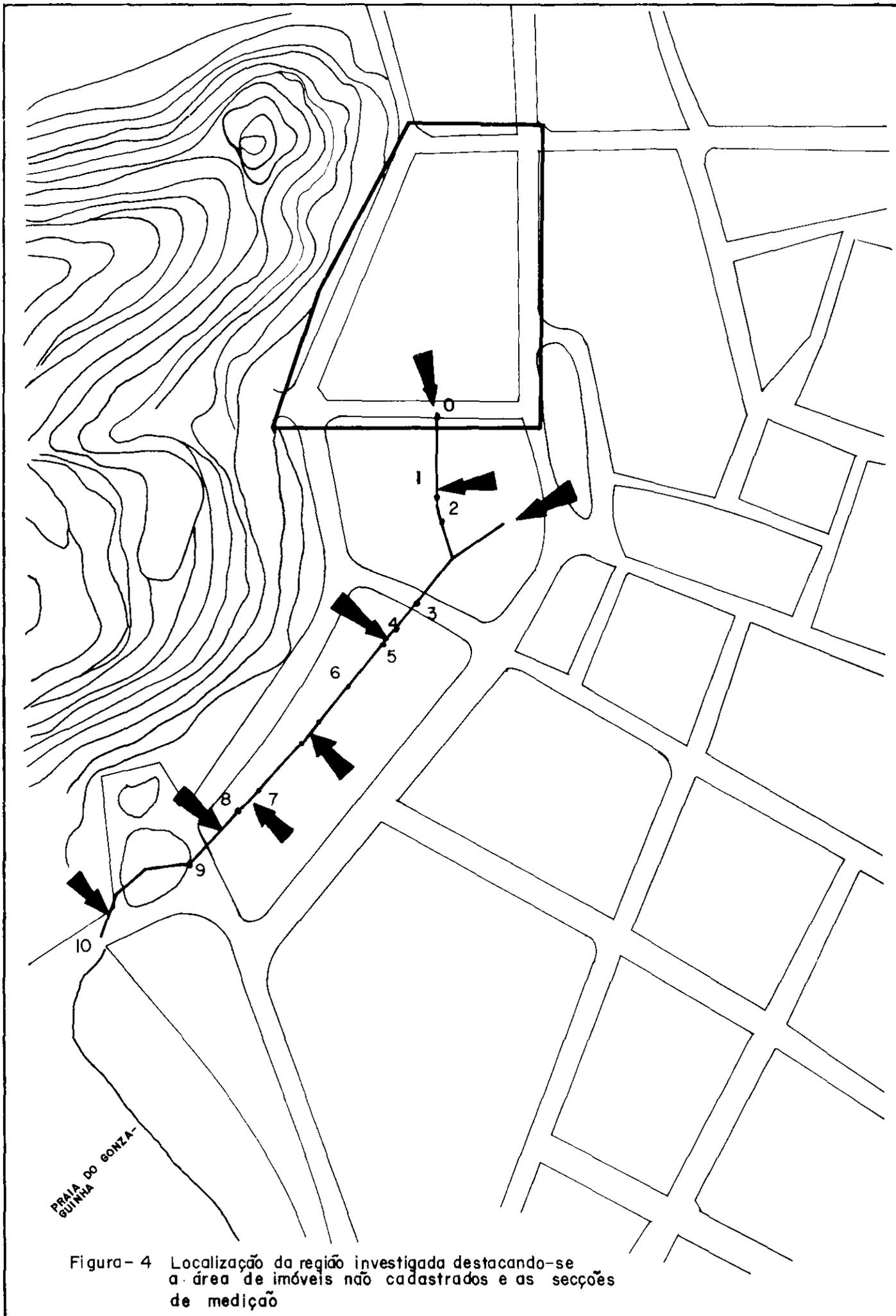


Figura- 4 Localização da região investigada destacando-se a área de imóveis não cadastrados e as secções de medição

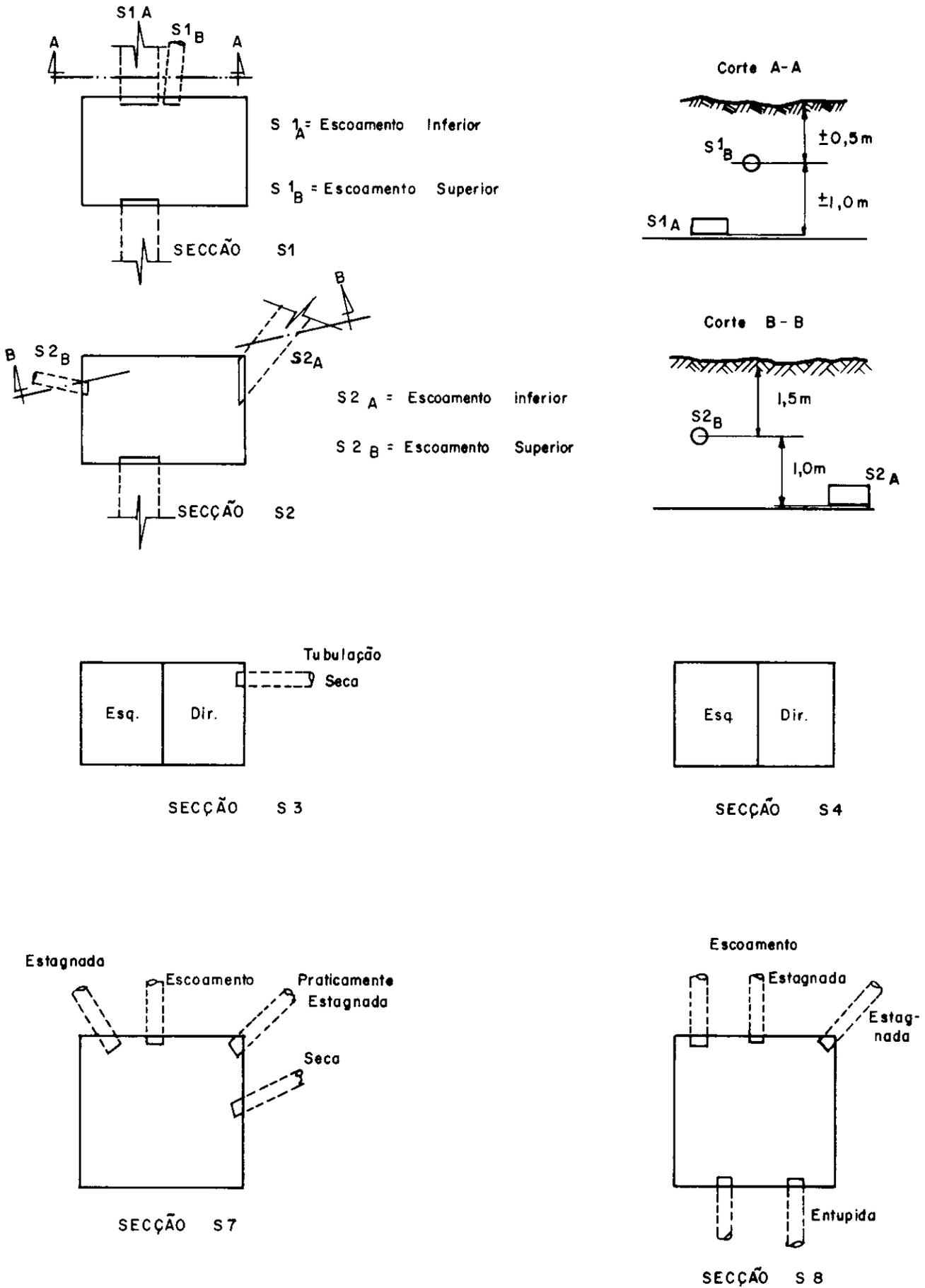


Figura- 5 Detalhes das Seções de Medição da Concentração de Poluentes

do escoamento, é possível determinar as seções em que aparecem os incrementos de vazão.

ANÁLISES COLIMÉTRICAS E DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO — DBO

Em cada seção onde se registrou incremento de vazão coletam-se amostras de água para analisar as concentrações de coliformes e da DBO e, assim, caracterizar o tipo de contribuição que o escoamento recebeu. Essas análises possibilitam identificar se a contribuição é proveniente de esgoto doméstico, industrial ou de água não poluída.

Para se estimar a concentração de coliformes totais e fecais, usa-se o método de fermentação de tubos múltiplos (NMP), recomendado pelo "Standard Methods for the Examination and Water", 13.^a edição, 1971.

As análises da demanda bioquímica do oxigênio, DBO, também servem como indicadores da qualidade da água afluente. Uma concentração alta de DBO indica, na maioria das vezes, procedência de água servida.

LOCALIZAÇÃO DAS LIGAÇÕES CLANDESTINAS

Identificados os trechos que recebem cargas poluidoras e o tipo de contribuição, passa-se para nova etapa do trabalho, que consiste em localizar as instalações que dão origem a essa contribuição. Quando se trata de despejos industriais, a solução é mais simples, pois basta investigar as indústrias e estabelecimentos comerciais, situados na área identificada, que geralmente atingem em pequeno número.

No caso de despejos contendo esgoto doméstico, o problema é mais complexo. O aparecimento de esgoto doméstico, em rios ou galerias de águas pluviais, pode ser proveniente de duas fontes, a saber:

1 — Da rede coletora de esgotos, por extravazão ou por ruptura da tubulação.

2 — Das residências ligadas clandestinamente.

Geralmente, a galeria de águas pluviais estende-se paralelamente à rede de esgotos e, por isso, qualquer extravazão, provocada por sobrecarga, pode chegar facilmente à galeria. Além disso, os vazamentos provenientes de juntas mal soldadas ou originados de rupturas decorrentes de tensões provocadas pela acomodação do solo, depois de recoberta

TABELA I

CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES TRANSPORTADA PELO CÓRREGO DO SAPATEIRO EM DIREÇÃO À PRAIA DO GONZAGUINHA, MUNICÍPIO DE SÃO VICENTE.

1. Medições do dia 20-04-76 — Período vespertino

Seção	Vazão L/seg.	D.B.O. mg/l	Coliformes		Temp. °C		Hora
			Totais NMP/100ml	Fecais NMP/100ml	Ar	Água	
S ₁ (inf.)	1,0	4	1,7 . 10 ⁵	1,7 . 10 ⁵	30	25	14:42
S ₂ (inf.)	1,0	21	2,3 . 10 ⁵	2,3 . 10 ⁵	30	25	14:54
S ₃ (esq.)	3,8	64	7,9 . 10 ⁵	7,9 . 10 ⁵	29	25	15:17
S ₄ (esq.)	3,8	60	4,9 . 10 ⁵	1,0 . 10 ⁵	29	25	15:38
S ₅	6,8	49	7,0 . 10 ⁵	1,3 . 10 ⁵	29	25	15:38
S ₆	7,4	35	1,3 . 10 ⁵	4,9 . 10 ⁵	28	25	15:55
S ₇ (P ₁)	7,5	25	2,3 . 10 ⁵	1,3 . 10 ⁵	32	25	16:10
S ₇ (P ₂)	ág. estg.	—	—	—	—	—	—
S ₇ (P ₃)	desprez.	20	2,3 . 10 ⁵	2,3 . 10 ⁵	32	25	16:45
S ₇ (P ₄)	ág. estg.	25	4,9 . 10 ⁵	4,9 . 10 ⁵	32	25	17:05
S ₈ (P ₁)	9,2	20	4,9 . 10 ⁵	2,3 . 10 ⁵	30	25	17:10
S ₈ (P ₂)	ág. estg.	20	3,3 . 10 ⁵	2,3 . 10 ⁵	30	25	17:15
S ₈ (P ₃)	ág. estg.	21	4,9 . 10 ⁵	3,3 . 10 ⁵	30	25	17:30
S ₉	14,7	70	1,1 . 10 ⁶	4,9 . 10 ⁵	29	25	17:43
S ₁₀	15,6	49	1,3 . 10 ⁵	2,3 . 10 ⁵	28	25	17:55

TABELA II

CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES TRANSPORTADA PELO CÓRREGO DO SAPATEIRO EM DIREÇÃO À PRAIA DO GONZAGUINHA, MUNICÍPIO DE SÃO VICENTE.

2. Medições do dia 20-04-76 — Período matinal

Seção	Vazão l/seg.	D.B.O. mg/l	Coliformes		Temp. °C		Hora
			Totais NMP/100ml	Fecais NMP/100ml	Ar	Água	
S ₁ (inf.)	1,2 l/s	4	3,3 . 10 ⁵	1,3 . 10 ⁵	28	25	10:20
S ₁ (sup.)	desprez.	1	5,1 . 10 ⁵	5,0 . 10 ⁵	27	24	10:00
S ₂ (inf.)	1,4 l/s	4	1,7 . 10 ⁷	7,9 . 10 ⁶	27	25	10:35
S ₂ (sup.)	desprez.	29	7,0 . 10 ⁴	7,0 . 10 ⁴	27	25	10:40
S ₃ (esq.)	5,4	70	7,9 . 10 ⁶	2,3 . 10 ⁶	29	25	10:45
S ₃ (dir.)	estagn.	Prej.	—	—	29	25	10:50
S ₄ (esq.)	5,5	32	7,9 . 10 ⁶	4,9 . 10 ⁶	29	25	11:00
S ₄ (dir.)	estagn.	24	2,3 . 10 ⁶	3,3 . 10 ⁶	29	25	11:00
S ₅	8,6	10	1,3 . 10 ⁷	7,9 . 10 ⁶	29	25	11:40

a vala, podem chegar à galeria de águas pluviais.

Quando os incrementos de vazão são significativos e as concentrações de coliformes bem altas, isso significa que existe afluência de esgotos, em decorrência da contribuição da rede coletora. Essa ocorrência fica mais caracterizada nos horários de pique, porque aumentam os incrementos de vazão e as concentrações de coliformes. Na maioria das vezes, por meio de plantas adequadas, localizam-se facilmente os pontos de onde provêm esses esgotos.

A localização de contribuições originárias de residências é mais complexa. As vazões envolvidas são muito pequenas e intermitentes. Nestas condições, a técnica radioisotópica mostra toda a sua potencialidade, porque permite detectar flutuações de vazão da ordem de 1% do valor do fluxo de base.

Identificadas as quadras de onde provêm os incrementos de vazão decorrentes da contribuição dos esgotos domésticos, faz-se uma triagem da área, selecionando-se com o auxílio de plantas adequadas as residências que devem ser investigadas, levando-se em conta as distâncias envolvidas e a declividade do solo.

Assim, investigam-se as ligações de esgotos dos imóveis situados nas proximidades de ambas as margens do córrego ou da galeria de águas pluviais, cujas declividades favoreçam a ligação indevida do esgoto doméstico. Coloca-se um detector de radiação no interior de um poço de visita da rede de esgotos e outro na galeria de águas pluviais. Lança-se no vaso sanitário da residência investigada o volume de 1 ml de solução radioativa, com concentração inferior à máxima permissível, definida pelas normas de proteção radiológica da Comissão Nacional de Energia Nuclear. Aciona-se a descarga do vaso sanitário e observa-se o comportamento de um registrador ligado ao sistema detector de radiação.

Antes da chegada da solução radioativa, os detectores de radiação mergulhados no esgoto e na galeria de águas pluviais registram uma taxa de contagem n' , proveniente da radiação de fundo, em decorrência da radioatividade natural das águas e da influência dos raios cósmicos.

Ao chegar a solução radioativa, proveniente da residência investigada, a taxa de contagem aumenta acentuadamente para um valor n . Durante a passagem da onda radio-

TABELA III

DESCRIÇÃO DOS PORMENORES MAIS IMPORTANTES DE CADA SEÇÃO DE MEDIÇÃO.

Seção	Descrição dos pormenores mais importantes
S ₀	Boca-de-lobo da galeria de águas pluviais. Profundidade: 1,4 metro. Diâmetro da tubulação por onde escoo o córrego: 200 mm.
S ₁	Caixa de concreto. Profundidade: 1,2 metro. Diâmetro da tubulação por onde escoo o córrego: 200 mm. Converge para S ₁ uma tubulação com 100 mm de diâmetro, denominada S ₁ superior. Vazão de S ₁ superior: de pequena magnitude, intermitente e inconstante, formada por jorros esporádicos. Distância entre S ₁ e S ₀ = 40 metros.
S ₂	Caixa de concreto. Profundidade: 1,00 metro. Diâmetro da tubulação por onde escoo o córrego: 200 mm. Converge para S ₂ uma tubulação com 100 mm de diâmetro, denominada S ₂ superior. Vazão de S ₂ superior: de pequena magnitude, intermitente e inconstante. Distância entre S ₂ e S ₁ = 20 metros.
S ₃	Boca-de-lobo da galeria de águas pluviais. Profundidade: 1,00 metro. Local: Rua Martim Afonso, junto à Praça 22 de Janeiro, do lado dos edifícios. Convergem para S ₃ duas tubulações com 300 mm de diâmetro cada: S ₃ esquerda e S ₃ direita; S ₃ direita continha água estagnada. Em S ₃ esquerda o escoamento era normal. Distância entre S ₃ e S ₂ = 70 metros.
S ₄	Boca-de-lobo da galeria de águas pluviais. Profundidade: 1,00 metro. Local: Rua Martim Afonso, junto à Praça 22 de Janeiro, calçada oposta à de S ₃ . Convergem para S ₄ duas tubulações com 300 mm de diâmetro cada: S ₄ esquerda e S ₄ direita; S ₄ direita continha água estagnada. Em S ₄ esquerda o escoamento era normal. Distância entre S ₄ e S ₃ = metros.
S ₅	Boca-de-lobo da galeria de águas pluviais. Profundidade: 0,50 metro. Local: Praça 22 de Janeiro, próximo ao monumento do Padre Manoel da Nóbrega. Recebe contribuição de água de nascente proveniente do morro dos Barbosas. Distância entre S ₅ e S ₄ = 25 metros. Pela boca-de-lobo tem-se acesso apenas para a tubulação que passa por S ₄ esquerda.

S ₆	Boca-de-lobo da galeria de águas pluviais. Profundidade: 0,40 metro. Local: Praça 22 de Janeiro. O acesso ao escoamento se processa por meio de orifício quadrado, com 15 cm de lado, aproximadamente. Distância entre S ₆ e S ₅ = 35 metros.
S ₇	Caixa de concreto. Profundidade: 0,40 metro. Local: Praça 22 de Janeiro. Convergem para S ₇ quatro tubulações, com diâmetro de 400 mm cada, denominadas S ₇ (P ₁), S ₇ (P ₂), S ₇ (P ₃) e S ₇ (P ₄). A única contribuição efetiva de vazão é por S ₇ (P ₁). As demais continham água estagnada. Distância entre S ₇ e S ₆ = 40 metros.
S ₈	Caixa de concreto. Profundidade: 0,40 metro. Local: Praça 22 de Janeiro, na direção do Edifício Guaira. Convergem para S ₈ três tubulações, com diâmetro de 400 mm cada, denominadas S ₈ (P ₁), S ₈ (P ₂) e S ₈ (P ₃). A única contribuição efetiva de vazão é por S ₈ (P ₁). As demais continham água estagnada. Distância entre S ₈ e S ₇ = 30 metros.
S ₉	Boca-de-lobo da galeria de águas pluviais. Profundidade: 0,40 metro. Local: junto à calçada do Jardim da Biquinha, ao lado do ponto de ônibus. Distância entre S ₉ e S ₈ = 35 metros.
S ₁₀	Local: Saída do córrego do Sapateiro para a praia do Gonzaguinha, junto à estação de cloração da Sabesp. Distância entre S ₁₀ e S ₉ = 40 metros.

ativa gerada, essa taxa n cresce, passa por um máximo e decresce exponencialmente, até atingir novamente o valor n' . Sendo S a sensibilidade do contador de cintilação, mergulhado no escoamento, pode-se afirmar que, em primeira aproximação, é válida a relação:

$$C = \frac{n - n'}{S} \mu \text{ Ci/m}^3$$

C = concentração da solução radioativa, em unidades $\mu\text{Ci/m}^3$;

n = taxa que representa a contagem por minuto, provocada pela onda radioativa que atingiu o detector;

n' = taxa que representa a contagem por minuto, proveniente da radioatividade natural do meio ambiente;

S = sensibilidade do detector, expressa em contagem por minuto por μCi de radioatividade contida em 1 m³ de escoamento.

Quando as instalações sanitárias investigadas estiverem ligadas à galeria de águas pluviais, o detector de radiação aí colocado registrará a passagem da onda radioativa. Ao contrário, se a ligação se processa para a rede coletora, o detector que lá se encontra detectará a solução radioativa.

Investigando-se residências de jusante para montante, é possível realizar grande número de inspeções em curto intervalo de tempo.

Ademais, a técnica é muito seletiva e não permite erro de diagnóstico. Repetindo-se a operação para cada residência, é possível estabelecer um inventário de todas as ligações clandestinas.

No caso de despejos industriais, procede-se de modo semelhante. O problema é mais simples, porque o número de indústrias e estabelecimentos comerciais de uma determinada área não é tão grande quanto o de residências.

Encontram-se dez seções de controle ao longo do córrego do Sapateiro, distribuídas de acordo com a Figura 4. A relação dessas seções decorreu da facilidade de acesso ao longo do trecho a ser estudado, porque o córrego se acha canalizado em local totalmente urbanizado. A Figura 5 mostra o detalhe de oito seções.

Seção S₆ — Constituída pela boca-de-lobo da galeria de águas pluviais, localizada na Rua Henrique Ablas.

Seção S₇ — Caixa de concreto, distante 40 metros a jusante de S₆, localizada em terreno contendo edifício em construção.

Seção S₈ — Caixa de concreto, distante 20 metros de S₇ e ainda no mesmo terreno.

Seção S₉ — Correspondente à boca-de-lobo da galeria de águas pluviais da Rua Martim Afonso, junto aos edifícios da Praça 22 de Janeiro.

Seção S₁₀ — Também na Rua Martim Afonso, em frente à S₉, situada no passeio oposto, junto à calçada da Praça 22 de Janeiro.

Seção S₁ — Composta, pela boca-de-lobo da galeria de águas pluviais, localizada próximo ao monumento do Padre Manoel da Nóbrega.

Seção S₂ — Localizada a 35 metros de S₁, a jusante e correspondente à boca-de-lobo da galeria de águas pluviais.

Seção S₃ — Caixa de concreto, no interior da Praça 22 de Janeiro.

Seção S₄ — Caixa de concreto, situada próximo ao Jardim da Biquinha, na direção do Edifício Guaira.

Seção S₅ — Boca-de-lobo da galeria de águas pluviais junto à calçada do Jardim da Biquinha.

Seção S₁₁ — Correspondente à estação de cloração da Sabesp, já na praia do Gonzaguinha.

MEDIÇÕES EFETUADAS

Em cada uma das dez seções escolhidas efetuaram-se as seguintes medições:

demanda bioquímica de oxigênio — DBO;

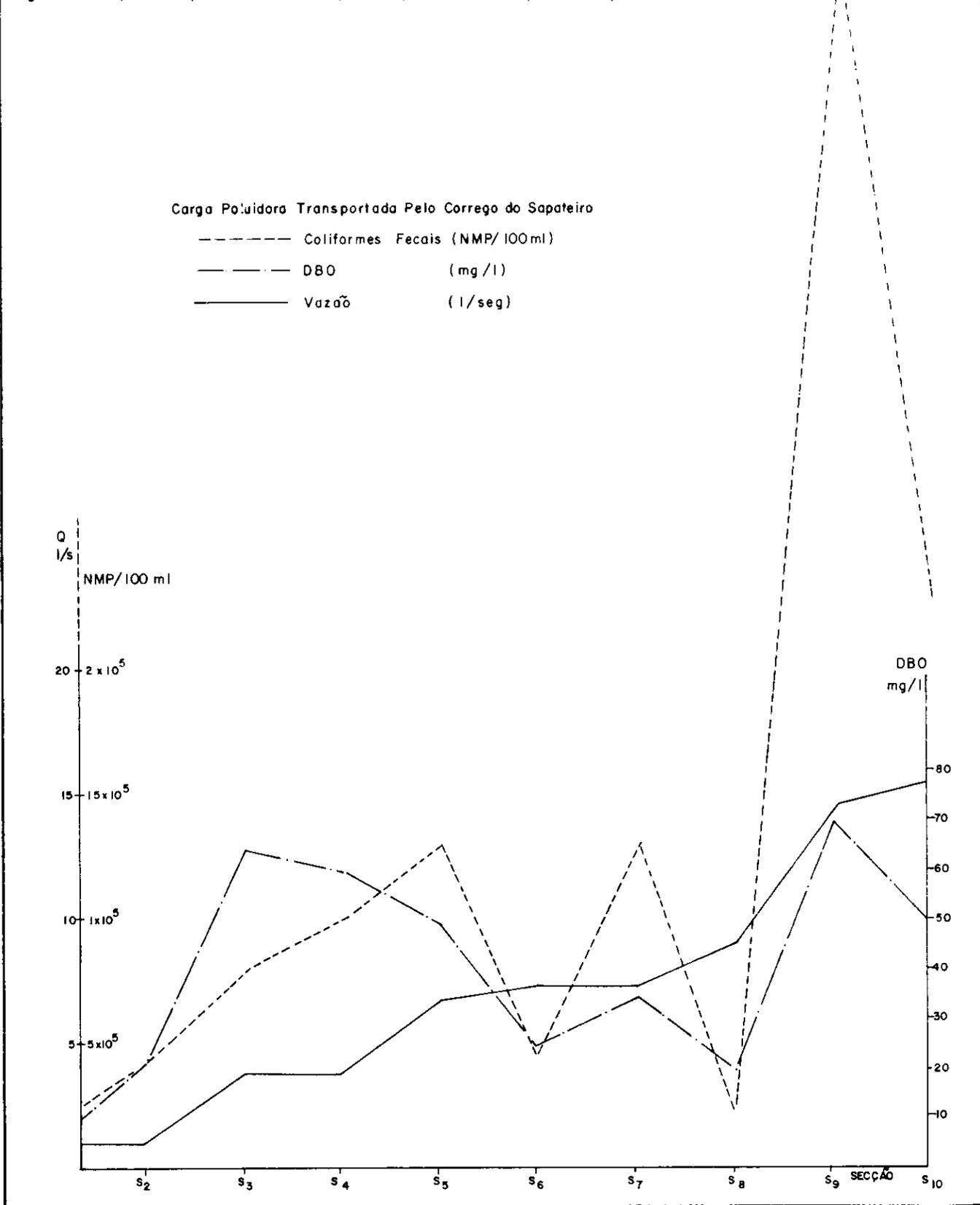
coliformes fecais e totais;

vazão líquida.

Apresentam-se nas tabelas I e II os resultados obtidos em cada seção e que representam a concentração de poluentes transportada pelo córrego do Sapateiro em direção à praia do Gonzaguinha.

Na Tabela III descrevem-se os pormenores mais importantes de cada uma das seções de medição.

Figura. 6. Representação da concentração de poluentes transportados pelo correço do Sapateiro.



RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA DO ESTUDO

Os valores obtidos na campanha do dia 23-04, durante o período da tarde, foram colocados em gráfico (Figura 6). A interpretação dos resultados, levando em conta o com-

portamento de cada seção, está relacionada na Tabela IV.

Na Tabela V encontram-se sugestões apresentadas para complementação dos estudos, em uma segunda etapa, e as providências necessárias para melhorar a qualidade da água do córrego do Sapateiro, que chega à praia do Gonzaguinha.

SEGUNDA ETAPA DOS ESTUDOS

Localização e cadastramento das ligações de esgotos

As medições de variação de vazão do córrego e das concentrações da DBO e de coliformes fecais, realizadas durante a primeira etapa dos estudos, permitiram identificar uma

TABELA IV
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DE VAZÃO E DAS
CONCENTRAÇÕES DA DBO E DOS COLIFORMES.

Trecho	Resultados	Conclusão
0-1	A concentração de coliformes fecais bem elevada ($1,7 \cdot 10^5$ colis/100ml) indica que a contaminação já vem montante.	Essa contaminação é proveniente de edificações pertencentes à área delimitada pelas ruas Henrique Ablas, do Colégio, Marquês de São Vicente e Visconde de Tamandaré.
1-2	A concentração de coliformes variou de $1,3 \cdot 10^5$ colis/100ml para $7,9 \cdot 10^5$ colis/100ml, no período da manhã. No período da tarde, a variação foi de $1,7 \cdot 10^5$ colis/100ml para $2,3 \cdot 10^5$ colis/100ml. Não houve variação sensível de vazão, em ambos os casos. No período da manhã a DBO permaneceu constante, tendo variado de 4 para 21 mg/l no período da tarde.	Entre as seções S_2 e S_3 existem três ligações clandestinas visíveis, que intermitentemente lançam águas servidas. Explica-se uma presença maior de coliformes fecais, pela manhã, em decorrência da maior utilização dos sanitários nesse período. O fato de a DBO aumentar no período da tarde é atribuído aos resíduos de lavagens lançados no córrego.
2-3	No período vespertal houve aumento de vazão, passando-se de 1,1 l/s para 3,8 l/s (incremento de um fator 3,4). Também houve aumento da DBO, de 21 mg/l para 64 mg/l (fator 3) e da concentração de coliformes fecais, que passou de $2,3 \cdot 10^5$ colis/100ml para $7,9 \cdot 10^5$ colis/100ml (fator 3,4).	Os aumentos de vazão, da DBO e dos coliformes decorrem da contribuição do outro formador do córrego do Sapateiro e das águas de lavagem do Mercado Municipal. A grande variação da DBO, no período da manhã, é atribuída à maior atividade no Mercado Municipal.
2-3	No período matinal a vazão aumentou de 1,4 l/s para 5,4 l/s (fator 3,8), a DBO passou de 4 mg/l para 70 mg/l (fator 17,5) e a concentração de coliformes fecais cresceu de $2,8 \cdot 10^5$ colis/100ml para 8,9 colis/100ml (fator 3,2).	
3-4	Os resultados das medidas da vazão, da DBO e dos coliformes foram bem reprodutíveis.	Essas medições foram efetuadas com o objetivo de verificar se a reprodutibilidade estava sendo boa. As seções S_4 e S_5 estão separadas por uma distância inferior a 10 metros.
4-5	No período vespertal registrou-se um aumento de vazão, que passou de 3,8 l para 6,8 l/s (fator 1,8). Houve redução da DBO, de 60 mg/l para 49 mg/l (fator 1,2) e elevação dos coliformes, de $1,0 \cdot 10^6$ colis/100ml para $1,3 \cdot 10^6$ colis/100ml, (fator 1,3). No período da manhã, a vazão aumentou de 5,5 l/s para 8,6 l/s (fator 1,6), a DBO reduziu de 32 mg/l para 10 mg/l (fator 3,2) e os coliformes cresceram de $6,9 \cdot 10^6$ colis/100ml para $7,9 \cdot 10^6$ colis/100ml (fator 1,1).	O aumento de vazão foi decorrente da contribuição de águas de nascente, que são captadas na galeria pluvial da Rua do Colégio e lançadas no córrego. As reduções da DBO são explicadas pela contribuição de águas oxigenadas e as variações das concentrações de coliformes traduzem a imprecisão da técnica de medição.
5-6	Houve variação insignificante de vazão, redução de coliformes da DBO. Os coliformes passaram de $1,3 \cdot 10^6$ colis/100ml para $4,9 \cdot 10^6$ ml (fator 2,6) e a DBO 49 para 35 (fator 1,4).	A água limpa e oxigenada, de nascente, penetra no córrego junto à seção S_5 . A mistura dessas águas ocorre entre as seções S_5 e S_6 , produzindo redução da DBO e dos coliformes, por diluição.

TABELA IV — Continuação ...

Troncho	Resultados	Conclusão
6-7	A vazão permanece praticamente constante. Houve ligeira elevação da DBO e dos coliformes. A DBO passou de 35 para 25 mg/l (fator 1,4) e os coliformes aumentaram de $4,3 \cdot 10^2$ colis/100ml para $1,3 \cdot 10^3$ colis/100ml (fator 2,6).	Deve existir alguma ligação clandestina neste troncho, ainda identificada, com descargas esporádicas e de pequena magnitude.
7-8	Houve redução dos coliformes de $1,3 \cdot 10^3$ colis/100ml para $2,3 \cdot 10^2$ colis/100ml (fator 5,6) e aumento de vazão, de 7,5 l/s para 9,2 l/s. A DBO manteve-se praticamente constante.	Houve aumento de vazão, decorrente de contribuição de água limpa e diminuição dos coliformes, por diluição. A DBO da nova contribuição não alterou praticamente o valor da DBO existente no córrego. Significa que a água dessa contribuição contém matéria orgânica mas não recebe esgotos. Trata-se, provavelmente, de antigo braço do córrego do Sapateiro, com nascente próxima à Rua José Bonifácio.
8-9	Houve acentuada elevação da concentração de coliformes, que passou de $2,3 \cdot 10^2$ colis/100ml para $4,9 \cdot 10^3$ colis/100ml (fator 21,3). Houve um aumento de vazão que passou de 9,2 l/s para 14,7 l/s (fator 1,6). A DBO se elevou de 20 mg/l para 70 mg/l (fator 3,5).	Entre as seções S ₅ e S ₆ houve contribuição do extravasor de esgoto, situado junto ao Edifício Guaíra.
9-10	Constatou-se o aumento de vazão, de 14,7 l/s para 15,6 l/s (fator 1,1), redução dos coliformes, de $4,9 \cdot 10^3$ colis/100ml para $2,3 \cdot 10^2$ colis/100ml (fator 2,1) e redução da DBO, de 70 para 49 (fator 1,5).	A água que desde do morro dos Barbosas e da biquinha é drenada para o córrego do Sapateiro, produzindo diluição da concentração de coliformes e da DBO.

área, delimitada pelas ruas do Colégio Henrique Ablas, Marquês de São Vicente e Visconde de Tamandaré, onde algumas residências e instalações comerciais poderiam estar contribuindo clandestinamente para a carga poluidora que chega à praia do Gonzaguinha.

A planta de cadastro que identifica as ligações domiciliares na rede coletora de esgotos, na área de interesse, estava incompleta.

Para verificar se as residências não cadastradas tinham seus esgotos ligados à rede coletora ou ao córrego do Sapateiro, lançou-se em cada vaso sanitário o volume de 5 ml de solução radioativa, contendo 82 B. Depois de cada lançamento acionava-se a descarga de água, para acelerar o deslocamento da solução radioativa no interior da canalização.

Posicionou-se um detector de radiação, em um poço de visita (PV) da rede de esgoto, escolhido convenientemente, em função da direção de escoamento do fluxo e da proximidade das residências — investigadas. Outro detector de radiação foi colocado no córrego do Sapateiro, no troncho

que cruza a Rua Henrique Ablas (Seção S₀).

Medições Contínuas de Vazão

Os resultados obtidos com as medições efetuadas na primeira etapa dos estudos mostraram uma flutuação de vazão muito acentuada. Registrou-se um valor máximo, por ocasião do período de tempo normalmente utilizado para o almoço da população que vive nessa área, que indicava ser proveniente de lançamentos indevidos de esgoto a maior contribuição de vazão. Por outro lado, medindo-se continuamente a descarga do córrego, durante 24 horas seguidas, seria possível determinar o valor mínimo de vazão, nesse período. Na ausência de contribuições indevidas (período noturno), poder-se-ia determinar a descarga líquida de base.

Admitindo-se a ausência de ligações indevidas, o fluxo de base do córrego deveria ser praticamente constante, nesta época do ano.

Os valores absolutos das vazões máximas e mínima e os horários em que elas ocorrem são importantes

para o cálculo da contribuição dos lançamentos indevidos provenientes do extravasor de esgotos.

Identificação das Ligações de Esgoto Não Cadastradas

Identificaram-se dezenove ligações de esgoto que convergiam para a rede normal, mas não constavam da planta de cadastramento, e seis ligações indevidas para o córrego do Sapateiro (Tabela VI).

Deixaram de ser investigadas quinze residências, por serem exclusivamente de veraneio e estarem fechadas, em decorrência de seus proprietários residirem em São Paulo.

RESULTADOS DAS MEDIÇÕES CONTÍNUAS DE VAZÃO

Representam-se na Figura 7 as curvas de variação da vazão do córrego do Sapateiro, na seção S₁₀, que corresponde à estação de cloração da Sabesp, junto à praia do Gonzaguinha.

As medições do dia 20-04 referem-se a um período de onze horas, com-

preendido entre as 9 e 30 e as 20 e 30.

As medições dos dias 19 e 20-05 referem-se a um período de 22 horas, compreendido entre as 20 de 19-05 e as 19 de 20-05; às 17 horas teve início uma precipitação atmosférica de pequena intensidade, variável, mas de longa duração. Registrou-se apenas o pico inicial de vazão, para verificação do valor do fluxo de água que escoava pelo rio, nessa ocasião.

Comparando-se as duas curvas, observa-se um comportamento muito semelhante, durante o período de tempo normalmente utilizado para o almoço da população que vive naquela área (das 11 e 30 às 14 e 30).

Significa que nesse período o extravasor de esgotos, situado junto à calçada do Edifício Guaíra, era o maior contribuinte para a vazão do córrego. Realmente, estando em carga a tubulação de esgotos que passa pela rua, o extravasor lança os efluentes para a galeria de águas pluviais, e daí para o córrego, junto à seção S₉.

A vazão mínima, de 6,8 litros/s, foi obtida à zero hora do dia 19-05. A partir daí, um edifício situado junto à Praça 22 de Janeiro, 325, começou a lançar grande volume de água, que penetrou pela galeria de águas pluviais e atingiu a seção S₉, contribuindo para o crescimento da vazão do córrego. Esse lançamento só parou às 6 e 30 horas.

A partir das 7 e 30 nota-se um crescimento gradativo da vazão do córrego e depois das 14 horas uma redução acentuada, que se mantém até às 16 e 30; às 17 horas começou a chover, atingindo a vazão o valor de 240 litros/s, pouco tempo depois.

Representa-se na Figura 8 a curva de vazão obtida na medição de 20-05, sobressaindo o pico correspondente ao início da precipitação atmosférica.

CONCLUSÃO

1 — Durante a campanha de medição do dia 20-05-76, registrou-se para o córrego do Sapateiro uma descarga de base de 6,8 l/s. Essa vazão pode ser coletada e recalcada para a Estação Elevatória já existente, durante o período de estiagem.

2 — Durante as vinte horas de tempo bom em que se efetuou a medição de vazão, nos dias 19 e 20-05, notou-se que havia grande extravasão de esgoto, da rede coletora para o córrego do Sapateiro. Nesse período,

TABELA V	
SUGESTÕES APRESENTADAS PARA A COMPLEMENTAÇÃO DOS ESTUDOS E MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO DO SAPATEIRO.	
Trechos	Tarefas
0-1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Efetuar o levantamento cadastral dos imóveis localizados na área delimitada pelas ruas do Colégio, Henrique Ablas, Marquês de São Vicente e Visconde de Tamandaré; 2. Verificar se esses imóveis possuem esgoto ligado à rede ou têm conexão com o córrego. Técnica sugerida: lançar uma solução radioativa no vaso sanitário de cada residência e verificar se o despejo se dirige para o córrego ou para a rede coletora; 3. Comprovar para onde se encaminham os esgotos provenientes dos imóveis já cadastrados, utilizando a mesma técnica sugerida no item 2.
1-2	<p>Verificar a natureza das ligações que chegam ao córrego; identificar as residências de onde se originam; corrigir as ligações indevidas.</p>
2-3	<p>Deverá ser providenciada a ligação das águas de lavagem do Mercado na rede coletora de esgotos. Deverão ser efetuadas determinações de vazão, de coliformes e da DBO, no braço do córrego que passa pela esquina das ruas João de Souza e Ipiranga e junto à Praça João Pessoa. Esses resultados, comparados com os atuais, indicarão se existem ou não outras ligações indevidas.</p>
3-4	N E N H U M A
4-5	<p>Verificar a existência de ligações indevidas provenientes da Travessa 22 de Janeiro à rede coletora. Corrigir as ligações se necessário.</p>
5-6	N E N H U M A
6-7	<p>Refazer as medições no trecho e pesquisar ligações dos imóveis na área.</p>
7-8	N E N H U M A
8-9	<p>Deverá ser verificada a possibilidade de eliminação do extravasor, através de remanejamento da linha, com diâmetro de 300 milímetros, ou a construção de outra, em paralelo.</p>
9-10	N E N H U M A

do, a contribuição média do extravasor foi de 10,5 litros/s.

No período de pique, compreendido entre as 11 e 30 e as 14 e 30, essa contribuição atingiu 17 litros/s. Para o mesmo período, no dia 20-04-76, ela chegou a 25 litros/s.

3 — A contribuição do extravasor para o córrego, via galeria de águas pluviais, somente será eliminada com o remanejamento da rede coletora existente ou com a construção de no-

vo coletor, para funcionar em paralelo com o antigo.

4 — Todos os lançamentos indevidos de águas servidas e de esgotos deverão ser ligados à rede coletora existente.

5 — Deverá ser construída, junto ao Mercado Municipal, uma caixa de retenção, com gradeamento, para conduzir os efluentes à rede coletora.

TABELA VI
RELAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS NÃO CADASTRADAS

Imóveis	Início Injeção (horas)	Término Injeção (horas)	Esgoto ligado para		Observações
			Córrego do Sapateiro	Rede Normal	
Rua Henrique Ablas, 15	10:05	10:07	—	sim	Residência não cadastrada.
Rua Henrique Ablas, 29	10:08	10:10	—	sim	Residência não cadastrada.
Rua Henrique Ablas, 33	10:11	10:13	—	sim	Residência não cadastrada.
Rua Henrique Ablas, 37	10:15	10:16	—	sim	Residência não cadastrada.
Rua Henrique Ablas, 41	10:31	10:32	—	sim	Residência não cadastrada.
Rua Henrique Ablas, 45	10:49	10:50	—	sim	Residência não cadastrada.
Rua Henrique Ablas, 55	10:28	10:28 ^{1/2}	—	sim	O esgoto sai pela Vila Santo Antônio. Não cadastrado.
Rua Henrique Ablas, 82	11:28	11:31	—	sim	Residência não cadastrada.
Rua Henrique Ablas, 86	11:34	—	—	—	Não foi detectado. Existe recalçamento do terreno.
Rua Henrique Ablas, 90	11:49	11:50	—	—	Residência não cadastrada.
Rua Henrique Ablas, 100	11:53	—	—	—	Não foi detectado. Existe recalçamento do terreno.
Rua Henrique Ablas, 120	12:01	12:06	—	sim	O esgoto sai para a Praça João Pessoa.
Rua Henrique Ablas, s/n.º	12:10	12:12	sim	—	Sanitário de um edifício em construção.
Rua Marquês de S. Vicente, 5	09:00	09:07	sim	sim	Sanitário ligado diretamente ao córrego. Não cadastrada.
Rua Marquês de S. Vicente, 75	16:30	16:32	—	sim	Residência não cadastrada.
Rua Marquês de S. Vicente, 109	16:40	16:42	—	sim	Residência não cadastrada.
Praça João Pessoa, 114	09:17	—	indiretamente	—	O esgoto vai para uma fossa cujo extravasor conduz os detritos para o Sapateiro.
Praça João Pessoa, 67	14:07	14:35	sim	sim	Os vasos sanitários estão ligados na rede normal de esgotos. A água de lavagem dos galinheiros da avícola é conduzida para o córrego.
Praça João Pessoa, 58/60	14:40 14:51	14:42 14:53	sim —	— sim	Pia de lavagem doméstica. Residência não cadastrada.
Rua do Colégio, 112	09:54	09:57	—	sim	Residência não cadastrada.
Rua do Colégio, 132	11:01	11:09	—	sim	Recalçamento do solo junto à calçada. Canalização quebrada.
Rua do Colégio, 158	11:15	11:26	—	sim	Existe infiltração de água pluvial. Recalçamento do solo junto à calçada. Canalização quebrada. Existe infiltração de águas pluviais.
Rua Visconde de Tamandaré, 8	15:18	15:23	—	sim	Residência não cadastrada.
Rua Visconde de Tamandaré, 23	15:27	15:29	—	sim	Residência não cadastrada.
Rua Visconde de Tamandaré, 127	15:42	15:45	—	sim	Residência não cadastrada.
Rua Padre Manoel, 37	16:22	16:28	sim	—	Dois tanques de lavagem doméstica ligados diretamente ao córrego.
Morro dos Barbosas					Existem seis imóveis ligados em fossas. Não se identificou para onde o extravasor conduz o esgoto.

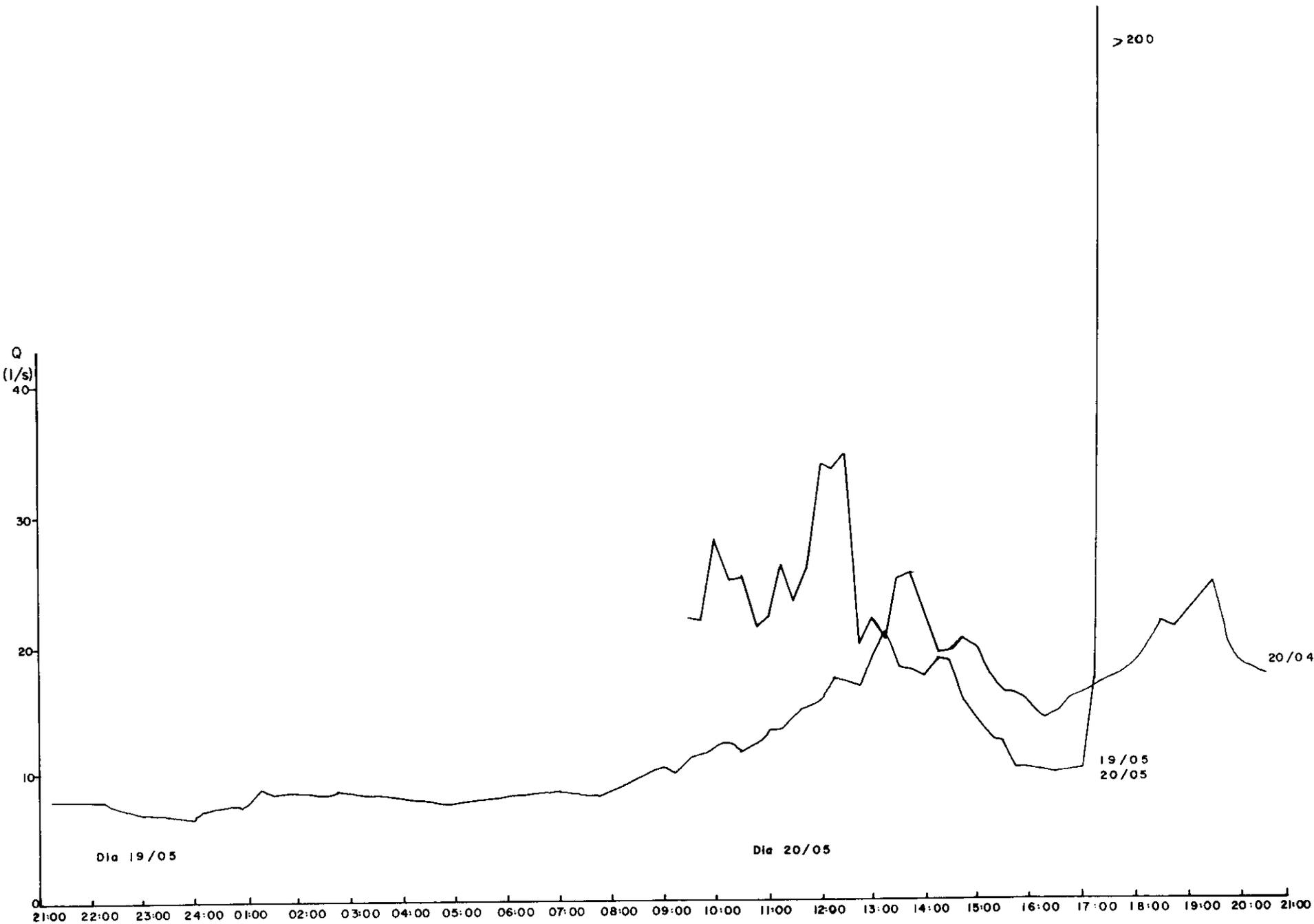


Figura. 7 . Representação da variação do córrego do sapateiro .

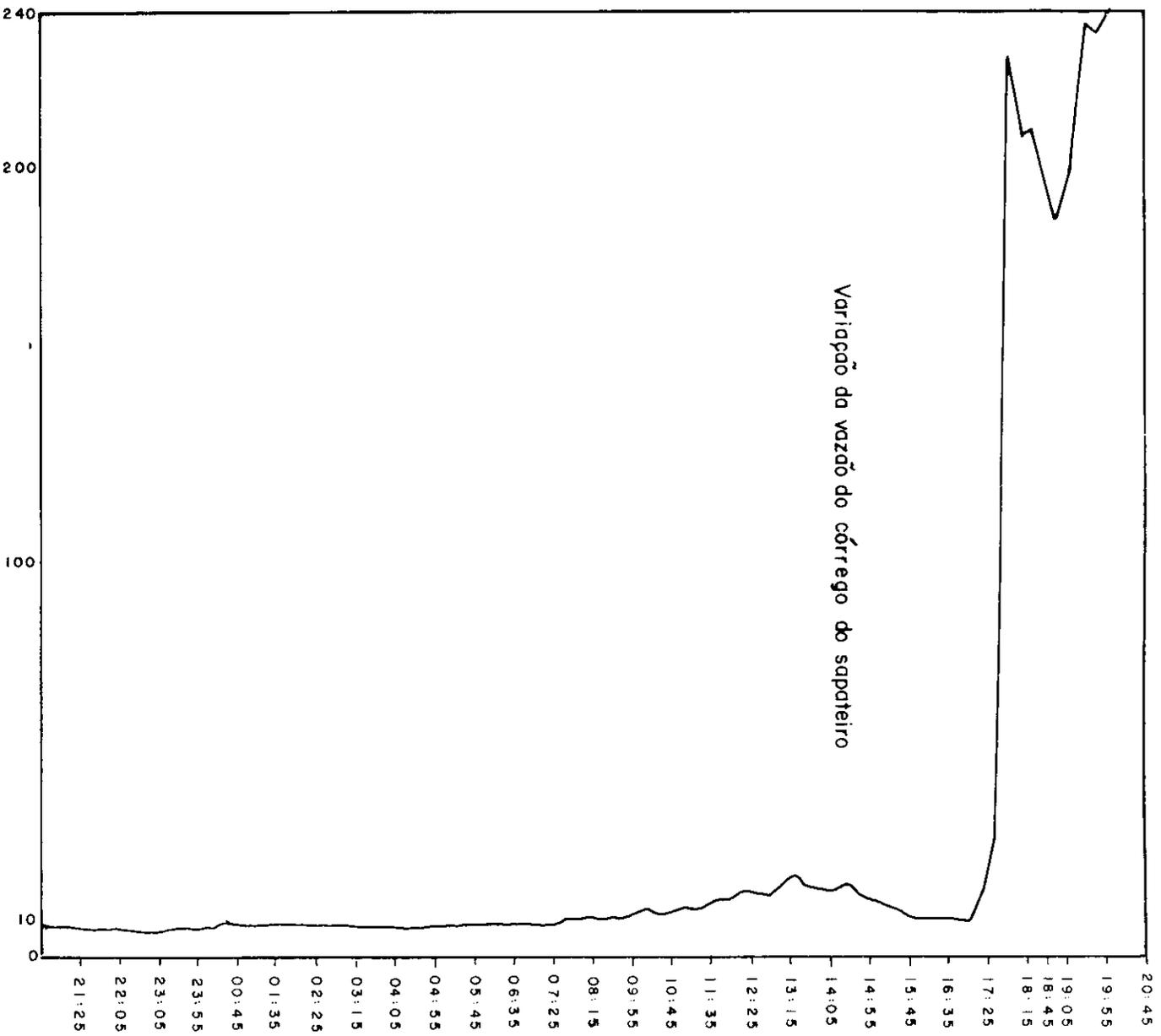


Figura - 8 . Representação da vazão do córrego do sapateiro destacando-se o pico produzido pela chuva .