



Trabalhos Técnicos

**19º CONGRESSO BRASILEIRO DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

TEMA CENTRAL
**SANEAMENTO AMBIENTAL:
AMBIENTE DE NEGÓCIOS OU UM NEGÓCIO AMBIENTAL?**

**2ª FEIRA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS
DE SANEAMENTO AMBIENTAL - FITABES'97**

14 A 19 DE SETEMBRO / 97

LOCAL:

Rafain
PALACE HOTEL

FOZ DO IGUAÇU - PR

PROMOÇÃO / REALIZAÇÃO:



ABES - Associação Brasileira de
Engenharia Sanitária e Ambiental
Capítulo Nacional da AIDIS

AVALIAÇÃO DA INFILTRAÇÃO NA REDE COLETORA DE ESGOTOS NA BACIA DO RIBEIRÃO DO OURO DA CIDADE DE ARARAQUARA-SP

H 233 a
Frederico Yuri Hanai⁽¹⁾

Engenheiro, mestrando na área de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC - Universidade de São Paulo - USP.

José Roberto Campos

Professor Titular da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC - Universidade de São Paulo - USP.

Endereço⁽¹⁾: Rua dos Libaneses, 983 - Carmo - Araraquara - SP - CEP: 14800-165 - Brasil - Tel: (016) 222-7243.

FOTO

RESUMO

O presente trabalho foi realizado na bacia do Ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP, visando a avaliação da vazão de infiltração que ocorre no sistema coletor de esgotos sanitários desta bacia e a estimativa do valor da taxa de infiltração, importante parâmetro utilizado no dimensionamento de vazão em projetos de sistemas de esgotos.

Apresenta-se também, o estudo de submersão da rede coletora de esgotos em relação ao nível de água subterrânea, com a finalidade de se determinar qual a porcentagem da rede que está abaixo do nível do lençol freático, e portanto, suscetível à ocorrência de infiltração. Este trabalho é parte de estudo desenvolvido na cidade de Araraquara-SP, denominado caracterização qualitativa e quantitativa de esgotos sanitários.

PALAVRAS-CHAVE: Infiltração, Taxa de Infiltração, Esgotos, Sistema de Esgotos, Caracterização de Esgotos.

INTRODUÇÃO

A infiltração em redes coletoras de esgotos sanitários é um fato muitas vezes inevitável, ocasionando aumentos consideráveis nas vazões globais nesses sistemas. O conhecimento do seu valor é muito importante em projetos de redes de coleta de esgotos sanitários, pois na determinação de vazões, influenciará no dimensionamento da rede de esgotamento, das elevatórias e da estação de tratamento.

Geralmente não há a preocupação em se verificar os valores reais de infiltração que ocorrem na rede coletora de esgotos de uma cidade, e assim, adotam-se valores muito elevados e muito diferentes dos que realmente ocorrem, levando o projetista a tomar decisões questionáveis.

O interesse em se investigar a infiltração na rede coletora de esgotos de uma cidade, fez com que as seguintes instituições realizassem este trabalho em Araraquara-SP: o

Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) - Universidade de São Paulo (USP), e o Departamento Autônomo de Água e Esgoto (DAAE) de Araraquara-SP.

Neste trabalho, discorre-se sobre os principais assuntos e considerações relacionados com a infiltração, descrevendo-se as metodologias empregadas no levantamento de dados, e finalmente, avaliando-se os resultados obtidos e as conclusões a respeito da infiltração existente na rede coletora de esgotos da cidade de Araraquara-SP.

O objetivo deste trabalho é a avaliação experimental da taxa de infiltração que ocorre na bacia do Ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP, ponderando-se também as condições do sistema coletor de esgotos nesta bacia.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A infiltração de água subterrânea nos sistemas de esgotamento ocorre quando estes estão assentados abaixo do nível do lençol freático, principalmente quando tal nível é alto naturalmente, ou devido às excessivas chuvas sazonais.

As águas de infiltração são águas subterrâneas originárias do subsolo que penetram indesejavelmente nas canalizações da rede coletora de esgotos por diversos meios: pelas paredes das tubulações, pelas juntas mal executadas, pelas tubulações defeituosas, pelas estruturas dos poços de visita e das estações elevatórias, etc.

O escoamento em sistemas de coletores de esgotos geralmente não ocorre sob pressão e o fluxo dentro desses coletores é por gravidade, e portanto, tal infiltração não é somente possível como também as vezes considerável.

A quantidade de infiltração contribuinte ao sistema de esgotos, depende da qualidade e do tipo de construção das tubulações e das juntas: tipos de materiais empregados, estado de conservação, condições de assentamento destas tubulações e juntas, e também das características relativas ao meio: nível de água do lençol freático, clima, composição do solo, permeabilidade, vegetação, etc.

O conhecimento do valor da infiltração em redes coletoras de esgotos é muito importante em projetos de redes de coleta de esgotos sanitários, pois na determinação de vazões, influenciará o dimensionamento da rede coletora, das elevatórias e da estação de tratamento.

Geralmente não há a preocupação em se verificar os valores reais de infiltração que ocorrem na rede coletora de esgotos de uma cidade, e assim, adotam-se valores muito diferentes dos que realmente ocorrem, levando o projetista a tomar decisões questionáveis.

TAXA DE INFILTRAÇÃO (INF)

A vazão de infiltração quase sempre é um valor bastante significativo no cálculo das vazões de projeto e pode ser calculado partindo da taxa de infiltração (INF). Esta taxa é um importante parâmetro utilizado em projetos de sistemas de esgotos, definida pela razão da vazão infiltrada por metro linear da rede coletora de esgotos.

A NBR 9649 recomenda a utilização de 0,05 a 1,0 l/s.Km como taxa de infiltração para as redes coletoras de esgotos (COMPARINI & SOBRINHO, 1992).

A maioria dos sanitaristas considera os valores da taxa de infiltração, normalmente empregados, muito elevados. A redução nesse coeficiente ocasionará a diminuição dos diâmetros das redes, dos coletores tronco, dos interceptores e dos emissários, na redução do porte das elevatórias e das estações de tratamento, com conseqüente diminuição do custo das obras e de operação do sistema (BRUNO E TSUTIYA, 1983).

Os valores da taxa de infiltração, que são determinados por medições efetivas em redes coletoras de esgotos, apresentam-se cada vez menores, fato que se observou também em pesquisas experimentais realizadas em algumas cidades do Estado de São Paulo, cujos resultados e conclusões são descritas a seguir.

Em trabalho realizado em cidades do interior do Estado de São Paulo, BRUNO & TSUTIYA (1983) concluíram que a taxa de infiltração recomendada pela ABNT é relativamente alta, pois os dados obtidos resultaram em valores bem inferiores. Os resultados desta pesquisa para as cidades estudadas são: Cardoso: 0,025 l/s.Km; Fernandópolis: 0,159 l/s.Km; Lucélia: 0,017 l/s.Km; e Pinhal: 0,125 l/s.Km (BRUNO E TSUTIYA, 1983)

Com base naquele trabalho, BRUNO & TSUTIYA (1983) propõem os seguintes valores da taxa de infiltração: para os coletores situados acima do lençol freático : 0,02 l/s.Km e para os coletores situados abaixo do lençol freático: 0,10 l/s.Km.

Na avaliação de alguns parâmetros de projeto de sistemas de esgotos sanitários, trabalho de pesquisa realizado em cidades de pequeno porte do interior do Estado de São Paulo, COMPARINI & SOBRINHO (1992) obtiveram valores da taxa de infiltração na faixa de 0,021 a 0,038 l/s.Km. Todos os coletores das cidades estudadas situam-se acima do nível do lençol freático, e têm pouco tempo de utilização, com idade máxima de cerca de 20 anos, pequenos diâmetros, baixas profundidades, com trechos significativos com juntas em argamassa de cimento e areia, porém, na maior parte da rede, as juntas eram executadas com asfalto.

Assim, COMPARINI & SOBRINHO (1992) concluem que para cidades de pequeno porte e portanto, com pequenas extensões de coletores, sem previsão de grandes ampliações no período de projeto, com redes situadas acima do lençol freático, recomenda-se a utilização do valor mínimo sugerido pela NBR 9649 (de 0,05 l/s.Km).

No trabalho realizado por ALMEIDA NETTO et al. (1989) em cidades localizadas na região Noroeste do Estado de São Paulo, os valores encontrados também são pequenos: para Mira Estrela, o valor obtido foi de 0,01 l/s.Km; para Poloni, 0,02 l/s.Km e para Onda Verde, 0,02 l/s.Km.

VEIT (1973), juntamente com uma equipe da antiga Companhia Metropolitana de Saneamento de São Paulo (SANESP) efetuaram estudos e pesquisas para determinar os coeficientes característicos do sistema de esgotos da grande São Paulo, a partir da medição da vazão de esgotos em diversas bacias da cidade. Verificou-se que para todas as bacias estudadas, a infiltração na rede de esgotos foi sempre menor ou igual a 0,3 l/s.Km.

Observa-se pelos estudos citados, a ocorrência de parcela de infiltração relativamente pequena no sistema coletor de esgotos. Associadas a este fato, estão as características do sistema de coleta de esgotos, tais como: qualidade das tubulações e das juntas empregadas, condições de assentamento e execução das obras, estado de conservação, e as características do subsolo, informações importantes que influenciam no grau de infiltração no sistema de coleta de esgotos.

O SISTEMA DE COLETA DE ESGOTOS ESTUDADO

A área urbana da cidade de Araraquara-SP está distribuída em duas bacias hidrográficas principais: a do Ribeirão das Cruzes e a do Ribeirão do Ouro. Cada bacia contém algumas subbacias, que possuem coletor tronco ou coletor principal de esgotos, responsável pela condução do efluente da respectiva área até os interceptores existentes nos vales das bacias principais.

A bacia do Ribeirão do Ouro, que é especificamente estudada, possui área estimada de 51.000 m², ou seja, na ordem de 66% da área do perímetro urbano da cidade, que é de aproximadamente 77.000 m².

A população nesta bacia é de aproximadamente 120.000 habitantes, valor este estimado a partir do produto da média do número de habitantes por domicílio (3,62 hab/domicílio) pelo número de ligações de água, ou seja, aproximadamente o número de residências existentes na bacia do Ribeirão do Ouro (33.500 ligações).

A partir do estudo de zoneamento e uso do solo, realizado pela Prefeitura Municipal de Araraquara-SP, mostra-se que a bacia do Ribeirão do Ouro compreende grande parte da zona residencial e comercial, com diversos bairros de diferentes classes sociais, onde encontram-se áreas de baixa, média e alta densidade populacional.

A maior parte da área de alta densidade populacional existente na cidade, na ordem de 50 hab/ha, está presente na Bacia do Ribeirão do Ouro. Toda a zona central da cidade está nesta bacia, assim como a maior parte da zona industrial, os distritos industriais e as zonas especiais: campus universitário, Ferrovias Paulista SA (FEPASA), aeroporto, terminal rodoviário, via expressa, parque Pinheirinho e comércio. Um diagnóstico da densidade de ocupação populacional realizado em 1994, também pela Prefeitura Municipal, concluiu que mais de 40% dos lotes urbanos localizados dentro do perímetro da cidade estão vazios, ou seja, são áreas não ocupadas.

Com relação ao sistema de coleta de esgotos sanitários de Araraquara-SP, este atualmente é composto basicamente por rede coletora, coletores tronco, interceptores e duas estações elevatórias. Existem aproximadamente 49.090 ligações prediais de esgotos, incluindo ligações residenciais, comerciais, industriais, públicas, educacionais e mistas.

Segundo o DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara-SP, a rede coletora de esgotos é constituída por tubulação cerâmica com diâmetros que variam de 150 a 200 mm, com juntas de asfalto oxidado e estopa alcatroada, este tipo de junta tem característica elástica, proporcionando ótima estanqueidade das conexões. Da mesma forma os coletores tronco são de tubulação cerâmica e juntas de asfalto e estopa, com diâmetros de 200 a 400 mm. Já os interceptores são constituídos por tubulação de concreto de 500 a 1000 mm, com juntas de argamassa de cimento e areia. O material da maioria dos poços de visita é de alvenaria de tijolo de barro comum, com revestimento interno completo e externo parcial de argamassa, e um pequeno número de poços de visita é de anéis pré-moldados de concreto vidrado.

Segundo diagnóstico do sistema existente realizado pela empresa SEREC - Serviço de Engenharia Consultiva S/C LTDA (1996)¹, a rede coletora existente encontra-se, em geral, em bom estado de conservação e manutenção, e tem funcionado normalmente. Os problemas verificados são aqueles geralmente encontrados pelas equipes de operação e manutenção de cidades do mesmo porte, na rotina diária.

ESTUDO DA SUBMERSÃO DA REDE COLETORA

A rede coletora de esgotos, estando abaixo do nível de água do lençol freático, recebe contribuição de águas subterrâneas através das tubulações de esgotos. A quantidade de água infiltrada na rede coletora de esgotos é tanto maior quanto maior for a porção desta abaixo do nível do lençol freático. A avaliação da rede coletora da Bacia do Ribeirão do Ouro quanto à submersão foi realizado por um estudo que teve a finalidade de verificar qual é a porcentagem desta rede que está abaixo do nível do lençol freático, ou seja, a quantidade de tubulação da rede de esgotos que está suscetível à ocorrência deste tipo de infiltração.

Fez-se o levantamento dos aquíferos subterrâneos da cidade e das suas características, obtidos nos cadastros de poços no Departamento de Águas e Energia Elétrica de Araraquara-SP - DAEE, e nos relatórios de empresas de perfuração de poços profundos que realizaram trabalhos na cidade.

O aquífero de interesse neste trabalho é o aquífero Bauru, que aflora na região de Araraquara-SP. Obteve-se assim, o nível de água do aquífero Bauru na bacia do Ribeirão do Ouro, que é o nível médio de água do lençol freático que ocorre na área, já que a medição dos níveis dos poços deste aquífero foi realizada em diferentes períodos de sazonalidade.

Fez-se também o levantamento da profundidade média da rede coletora de esgotos pelos desenhos do sistema coletor de esgotos, baseado nos valores das cotas inferiores dos poços de visita da rede coletora. Com estes dados, superfície do nível do lençol freático e perfil da rede coletora de esgotos, e a partir do programa *Surfer 5.0 for Windows*, determinou-se que aproximadamente 29% desta rede coletora existente na

¹ SEREC (SERVIÇO DE ENGENHARIA CONSULTIVA S/C LTDA). **Sistemas de tratamento de Esgotos de Araraquara-SP - Estudo de Concepção.** Araraquara, 1996.

Bacia do Ribeirão do Ouro está abaixo do nível do lençol freático, estando sujeita à infiltração de águas subterrâneas.

Estes dados oferecem uma noção do potencial de infiltração na qual a rede está sujeita, permitindo assim uma análise fundamentada do valor da taxa de infiltração que pode ser determinado por métodos que são citados a seguir.

METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE INFILTRAÇÃO

Para a estimativa indireta do valor da taxa de infiltração (INF), adotou-se o método da medição das vazões mínimas noturnas de esgoto, que é descrito a seguir. Sabe-se que durante o período noturno as atividades com uso de água são menores, e conseqüentemente há pouca contribuição de esgotos na rede coletora.

Apresentam-se a seguir os procedimentos empregados para o levantamento dos dados a serem utilizados na determinação da taxa de infiltração (INF): a extensão da rede e as vazões mínimas noturnas.

EXTENSÃO DA REDE

Os dados de vazão de esgotos sanitários foram obtidos somente para uma bacia da cidade, a do Ribeirão do Ouro, e desta forma, necessitou-se saber a extensão da rede coletora de esgotos somente para esta bacia.

Assim sendo, para a determinação do comprimento total da rede coletora de esgotos pertencente à Bacia do Ribeirão do Ouro, mediu-se as extensões das ruas cuja rede coletora de esgotos está presente. Como 99% das ruas e avenidas contidas nesta bacia apresentam rede de coleta, adotou-se que o comprimento da rede coletora de esgotos seria o comprimento das ruas e avenidas contidas nesta bacia, resultando uma boa estimativa para o comprimento da rede coletora.

A medição das extensões das ruas foi feita a partir de um mapa da cidade em escala 1:30.000, que continha também o desenho dos coletores tronco e dos emissários de esgotos na bacia, cujas extensões também foram medidas. Com a medição em escala no mapa das ruas, pôde-se obter a extensão total aproximada da rede coletora de esgotos.

Assim, as extensões de tubulações na bacia estudada são:

Rede Coletora de Esgotos: 388 Km
Coletores Tronco e Interceptores: 34 Km
Total: 422 Km

VAZÕES MÍNIMAS NOTURNAS

As vazões mínimas noturnas foram medidas no emissário de esgotos da bacia do Ribeirão do Ouro por meio de um medidor *Parshall* instalado numa seção da tubulação deste emissário.

As leituras das vazões de esgoto foram feitas de 15 em 15 minutos, durante 24 horas para 3 dias da semana (Domingo, Quarta-feira e Sábado), obtendo-se as curvas de variação de vazão ao longo destes 3 dias, que são apresentadas na FIGURA 1.

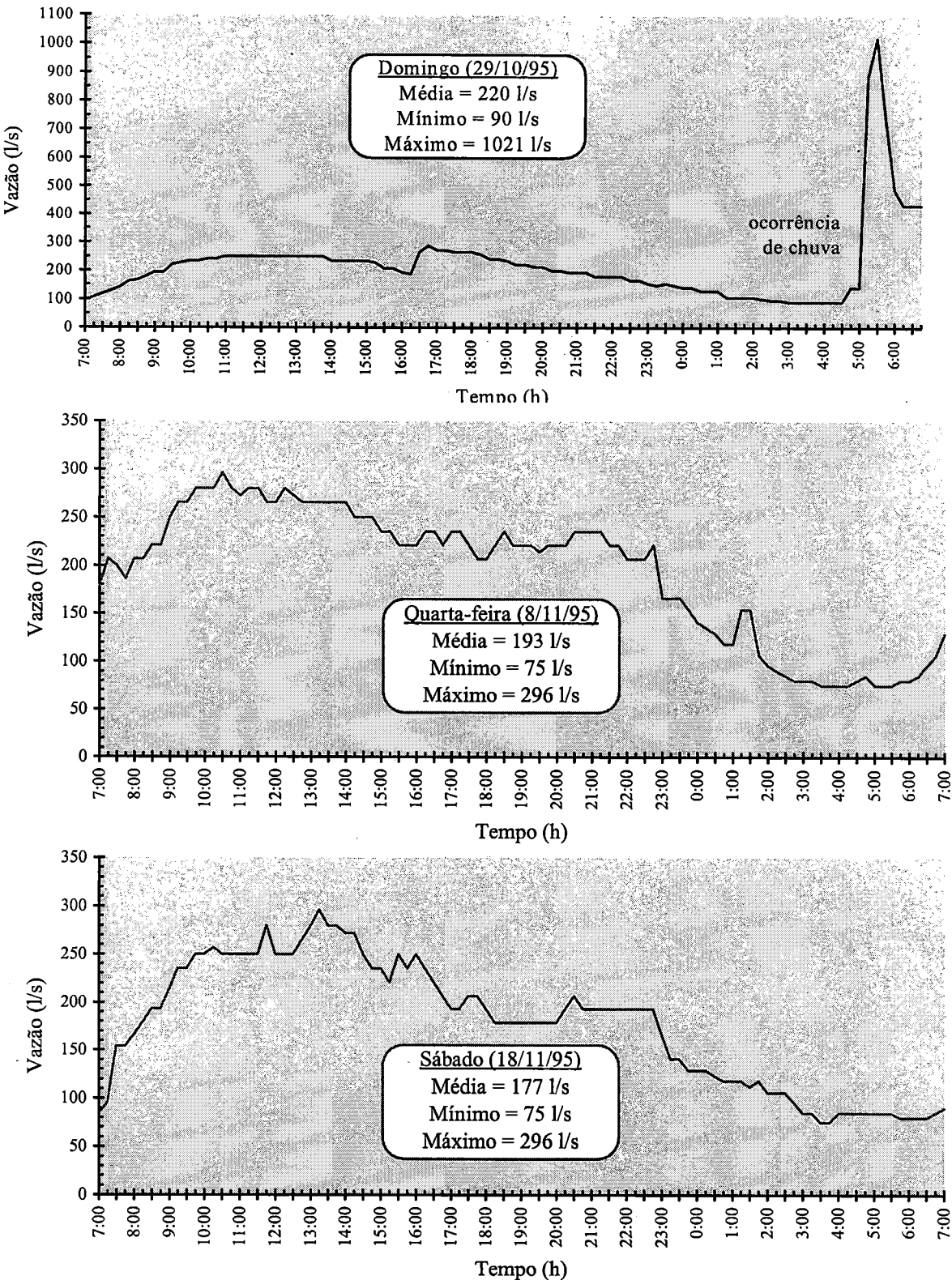


Fig. 1 - Variação da vazão (l/s) de esgoto sanitário em 3 dias, com leituras em intervalos a cada 15 minutos.

Conforme pode-se observar, as vazões de esgotos variam ao longo o dia, e a vazão média diária varia também nos diferentes dias da semana.

Durante o período noturno das 3:00h às 6:00h, quando as atividades com uso de água são menores, percebe-se visualmente a clarificação do esgoto sanitário devido à infiltração. É

neste período que as vazões de esgoto são mínimas, e assim podem ser determinadas diretamente a partir das curvas pela FIGURA 1, onde seus valores são apresentados nos quadros correspondentes a cada dia da semana.

Somente uma parcela das vazões mínimas do esgoto que foram medidas é devida à infiltração que ocorre continuamente na rede coletora. Ou seja, a vazão mínima noturna do esgoto é composta de 2 parcelas principais: a contribuição do esgoto (esgoto propriamente dito, produto de “vazamentos de água” nas casas, etc.), e a contribuição das águas de infiltração.

Para computar somente a vazão contribuinte de infiltrações que ocorrem no período noturno, baseou-se no princípio de que as águas de infiltração diluem o esgoto, diminuindo os valores médios das suas concentrações, por exemplo, DQO. Os cálculos da vazão de infiltração partem da concentração do esgoto no período noturno (DQO média) que é a média ponderada entre a concentração de esgoto (DQO esg) sem diluição e a concentração das águas de infiltração (DQO infiltr), sendo que os respectivos pesos são: a vazão de esgoto (V esg) e a vazão de infiltração (V infiltr). Ou seja:

$$DQO \text{ mé dia} = \frac{(V \text{ esg} \bullet DQO \text{ esg}) + (V \text{ infiltr} \bullet DQO \text{ infiltr})}{(V \text{ esg} + V \text{ infiltr})} \quad (1)$$

Tem-se então nesta expressão duas incógnitas a determinar (V infiltr e V esg) e os seguintes dados disponíveis: a concentração das águas de infiltração (DQO infiltr), que é relativamente nula; a concentração do esgoto puro (DQO esg), e a soma da vazão de infiltração com a vazão do esgoto puro (V infiltr + V esg) que é a vazão mínima medida no período noturno.

A adoção da DQO do esgoto (DQO esg) como sendo a DQO média do esgoto no período de 24 horas, resulta num valor aproximado, sendo influenciado, de um lado, pelas diluições que ocorrem continuamente devidas à infiltração, que diminuem o valor verdadeiro e, de outro lado, pelas atividades industriais que ocorrem somente durante o período do dia, aumentando o valor verdadeiro.

Com a resolução da expressão (1), tem-se que aproximadamente 90% do total das vazões mínimas no período noturno são provavelmente devidas às águas de infiltração. Portanto os valores das vazões mínimas noturnas de esgoto sanitário e as suas parcelas contribuintes (infiltração e esgoto) são, provavelmente:

TABELA 1 - Valores de vazão de esgoto no período noturno e suas parcelas estimadas.

	Domingo	Quarta-feira	Sábado
Vazão mínima (l/s)	90	75	75
Vazão de infiltração (l/s)	81	67	67
Vazão do esgoto (l/s)	9	8	8

Com estes dados, vazão de infiltração e extensão da rede, agora é possível obter-se uma estimativa preliminar dos valores da taxa de infiltração que ocorre na rede coletora de esgotos.

RESULTADOS

Os valores da taxa de infiltração podem ser obtidos mediante a seguinte expressão:

$$INF = \frac{\text{Vazão de infiltração}}{\text{Comprimento da rede}} \quad (2)$$

Aplicando a expressão (2) para os dados de vazão de infiltração obtidos nos 3 dias da semana, e para o comprimento calculado da rede de 422 Km, obtém-se os valores apresentados na TABELA 2, que contém também informações das condições do tempo nestes dias.

TABELA 2 - Taxa de Infiltração para os 3 dias de coletas.

DATA	Condição do tempo	Vazão Infiltração (l/s)	Taxa de Infiltração (l/s.Km)
29/10/95 Domingo	Índice Pluv = 0,6 mm NUBLADO (75% do dia) CHUVA (20% do dia) BOM (5% do dia)	81	0,19
08/11/95 Quarta	Índice Pluv. = 0 mm BOM (100% do dia)	67	0,16
18/11/95 Sábado	Índice Pluv. = 0 mm NUBLADO (70% do dia) BOM (20% do dia) CHUVISCO (10% do dia)	67	0,16

Baseado nos valores da TABELA 2, obtidos para os 3 dias da semana, tem-se que a taxa de infiltração média da Bacia do Ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara-SP é, de aproximadamente 0,17 l/s.Km.

Convém lembrar que as medições de vazão foram realizadas nos meses de Outubro e Novembro, período inicial de ocorrência de chuvas e quando o nível do lençol freático começa a aumentar. Tal fato pode contribuir para um valor maior da taxa de infiltração.

Mesmo assim, como se observa, a taxa de infiltração que ocorre na Bacia do Ribeirão do Ouro na cidade de Araraquara-SP possui valores relativamente baixos (0,17 l/s.Km) em comparação aos valores que são recomendados em literatura e em normas.

Conforme o estudo apresentado anteriormente, sabe-se que na bacia estudada, aproximadamente 29% da rede coletora de esgotos estão abaixo do nível do lençol freático, ou seja, está sujeita a ocorrência de infiltração (submersa). Com isso, fez-se também o cálculo da taxa de infiltração somente para a porção da rede submersa, ou em números, dos 422 Km da rede, 169 Km está sob o lençol freático, e a taxa de infiltração calculada para esta extensão da rede é de 0,42 l/s.Km. Avaliando-se este valor, percebe-se que as taxas de infiltração recomendadas pelas literaturas e normas são estimadas adotando-se valores conservadores como se a rede estivesse inteiramente sob o nível de lençol freático, fato poucas vezes observado em cidades do interior do estado de São Paulo e não litorâneas.

O que se pode sugerir com isto, é a realização dos cálculos de dimensionamento do sistema coletor de esgotos quanto à infiltração, adotando-se valores da taxa de infiltração diferenciados em função da altura da rede em relação ao nível do lençol freático. Para a

rede submersa, adotam-se taxas maiores, e para a rede acima do nível do lençol, em subsolos secos, taxas bem menores.

Convém comentar que os valores baixos obtidos da taxa de infiltração deve-se também à boa qualidade de execução e de assentamento das tubulações (com juntas de asfalto oxidado e estopa alcoatroada), que é realizado com muito cuidado e controle, preocupação sempre constante da administração do DAAE de Araraquara-SP.

Neste trabalho, tentou-se aplicar um método inédito e consistente para se determinar a infiltração na rede coletora de esgotos, baseado na concentração de Flúor presente nos esgotos e nas águas de abastecimento da cidade. O Flúor que é dosado na água de abastecimento, têm a função de um traçador, pois é um elemento conservativo. O método consiste em se estimar a infiltração a partir da determinação da concentração de Flúor no esgoto que ocorre devido à entrada de águas limpas pela rede coletora. O valor da concentração de Flúor em águas de abastecimento é conhecido pela dosagem de Fluoretos empregada em Estações de Tratamento de Águas e em valores localizados de amostras coletadas na rede pública de abastecimento. A razão de diluição (concentração de Flúor no esgoto / concentração de Flúor na água de abastecimento) permite estimar, com certa precisão, a infiltração devido à entrada de águas subterrâneas pela rede coletora, já que estas não possuem tratamento e não apresentam Flúor em sua composição.

O método proposto resume-se então na determinação da concentração de Flúor no esgoto, por intermédio de um procedimento laboratorial analítico. O procedimento empregado no presente trabalho para a análise de Flúor, com destilação prévia do esgoto e leitura em espectrofotômetro, não obteve bom êxito, devido às interferências existentes nas amostras destiladas de esgoto. Consultou-se então laboratórios especializados e alguns profissionais da área, obtendo-se sugestões de método alternativo para determinação de Flúor, como por exemplo, a utilização de sensores. Não foi possível realizar o método sugerido em tempo hábil para esta pesquisa, e assim, os testes em amostras de esgotos não puderam ser realizados.

Apesar do método proposto não ter sido concluído neste trabalho, sugere-se que as alternativas para determinação analítica da concentração de Flúor no esgoto devam ser empregadas e testadas, a fim de dar continuidade ao trabalho e concluí-lo, visto que o método proposto mostra-se valioso, com grande potencial e facilidade para a determinação da infiltração em redes coletoras de esgotos.

DISCUSSÃO

Com as observações e os resultados obtidos conclui-se que os valores da taxa de infiltração que geralmente são adotados em projetos podem ser muito diferentes dos valores que realmente ocorrem na rede.

Percebe-se que o levantamento e análise de alguns dados que não são difíceis de serem obtidos, conforme feito neste trabalho, permite uma melhor avaliação da taxa de infiltração a ser empregada em projetos de sistemas de esgotos.

O levantamento destes dados contribui muito para a elaboração de um bom projeto de sistema de esgotos e muitas vezes minimiza os custos decorrentes de um possível superdimensionamento do sistema de esgotos, possibilitando, desta forma, a redução de custos para execução, evitando-se também o possível mau funcionamento hidráulico do sistema de esgotos.

Como foi apresentado por BRUNO & TSUTIYA (1983) no trabalho efetuado em cidades do interior do Estado de São Paulo, as vazões de projeto baseadas em coeficientes de infiltração adotados a partir de normas são de 35% a 318% maiores que as vazões de esgoto efetivamente medidas.

Para a cidade de Araraquara-SP, se fosse adotada taxa de infiltração, por exemplo, de 0,5 l/s.Km, conforme o intervalo recomendado pela norma (0,05 a 1,0 l/s.Km), com a extensão de 422 Km de rede na bacia estudada, a vazão de infiltração calculada seria 211 l/s, ou seja, cerca de 2,93 vezes maior que a vazão real de infiltração de 72 l/s, que foi efetivamente medida, com certa precisão, neste trabalho.

Desta forma, sugere-se que estudos semelhantes ao que foi realizado no presente trabalho, sejam adotados em fases de anteprojetos de sistemas de esgotos, permitindo a realização de cálculos e dimensionamentos mais precisos e fundamentados, proporcionando um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA NETO, L.P.; GASPAR, G.O.; COMPARINI, J.B.; SILVA, N.L. (1989). Avaliação de parâmetros de projeto de sistemas de esgotos sanitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15, Belém, 1989. *Anais*. Belém, ABES. p.293-308, v.2, tomo1.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, 19th Edition.
3. AZEVEDO NETTO, J.M. (1979). Contribuições indevidas para a rede de esgotos. *Revista DAE*, n.120, p.36-38.
4. BRUNO, D.P.; TSUTIYA, M.T. (1983). Infiltração de água em coletores de esgotos sanitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., Camburiú, 1983. *Anais*. Camburiú, ABES.
5. CAMPOS, J.R. (1994). *Alternativas para tratamento de esgotos - Pré-tratamento de águas para abastecimento*. Americana, Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari.
6. CASTRO, A.A.; CARVALHO, C.T.; VIANNA, N.S. (1991). Subsídios para fixação de parâmetros de projeto de redes de esgotos - caso particular da variação das vazões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 16., Goiânia, 1991. *Anais*. Goiânia, ABES. p.164-180, v.2, tomo1.
7. COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A. (1992). Contribuição ao estudo de vazões de esgoto sanitário em comunidades de pequeno porte. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1., Rio de Janeiro, 1992. *Anais*. Rio de Janeiro. p.18-30, v.2, tomo3.
8. HAMMER, M.J. (1979). *Sistemas de abastecimento de água e esgotos*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. Cap.9, p.328-345: Vazões e características dos esgotos. Cap.12, p.494-496: Determinação da Infiltração.
9. HEALTH EDUCATION SERVICE. (sd.). *Manual of instruction for sewage treatment plant operators*. Albany, New York.
10. ITONAGA, L.C.H.; SILVA, M.A.; PINTO, M.A. (1994). Influência das chuvas na operação da estação de tratamento de esgotos sul de Brasília. In: SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., Florianópolis, 1994. *Anais*. Florianópolis, SILUBESA. p.380-388.
11. NEGULESCU, M. (1985). *Municipal Waste Water Treatment*. Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, Elsevier.
12. PUJOL, R.; LIERNARD, A. (1990). Qualitative and quantitative characterization of waste water for small communities. *Water Science Technology*, v.22, n.3/4, p. 253-260.
13. SANTRY JR., I.W. (1964). Infiltration in sanitary sewers. *Journal Water Pollution Control Federation*, n.36, p.1185-1320.
14. SOBRINHO, P.A.; TSUTIYA, M.T. (sd.) *Redes coletoras de esgotos sanitários - critérios de projeto*. São Paulo, Escola Politécnica, USP, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.
15. TODD, D.K. (1967). *Hidrologia de águas subterrâneas*. Rio de Janeiro, Agência Norte Americana para o Desenvolvimento Internacional. Cap.2, p.12-29: Ocorrência das águas subterrâneas.
16. VEIT, M. A. (1973). Determinação das características dos esgotos da rede de coleta da região metropolitana de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 7., Salvador, 1973. *Anais*. ABES. p.147-208.
17. VILLELA, S.M.; MATTOS, A. (1975). *Hidrologia Aplicada*. São Paulo, Ed. MacGraw-Hill do Brasil Ltda. Cap.11, p.192-: Águas subterrâneas.

