

Infiltração de água nos coletores de esgotos sanitários (*)

Dario Pinheiro Bruno (1)
Milton Tomoyuki Tsutiyu (2)

1. INTRODUÇÃO

As redes de esgotos do sistema separador absoluto são projetadas para receber as vazões domésticas, acrescidas das vazões de infiltração.

A PNB-567/75 recomenda a utilização de 1,0 l/s x km como taxa de infiltração para as redes coletoras de esgotos. A maioria dos sanitaristas considera esse valor muito elevado para os coletores executados acima do nível do lençol freático. A Sabesp, para esses casos, normalmente utiliza o valor de 0,5 l/s x km.

Qualquer que seja o coeficiente de infiltração utilizado, a vazão de infiltração sempre é um valor bastante significativo no cálculo das vazões de projeto, principalmente quando os cálculos são elaborados para bacias e sub-bacias localizadas nas cidades do interior do Estado de São Paulo.

Uma redução nesse coeficiente ocasionará a diminuição do diâmetro das redes, coletores tronco, interceptores e emissários, na redução das elevatórias e estações de tratamento, com consequente diminuição do custo das obras.

O presente trabalho visa determinar os coeficientes reais de infiltração nos coletores de esgotos sanitários. Essa determinação foi baseada em pesquisas realizadas em redes secas e redes em carga operadas pela Sabesp, em oito cidades do interior do Estado de São Paulo.

Para a elaboração deste trabalho contamos com a colaboração dos seguintes engenheiros:

- Carmelo Ribeiro Di Lorenzo Filho
- Carolus Johannes Barth
- Cláudio Broner
- Nelson Dutra de Oliveira
- Sérgio Vasques Arantes

(*) Trabalho apresentado no 12.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Camboriú, SC, Novembro de 1983

(1) Engenheiro Coordenador de Obras da Diretoria de Construção, Sabesp

(2) Engenheiro da Superintendência de Projetos II, Diretoria de Construção, Sabesp.

2. INFILTRAÇÕES

As contribuições indevidas nas redes de esgotos podem ser originárias do subsolo, genericamente designadas como infiltrações, ou podem provir do encaminhamento acidental ou clandestino de águas pluviais. Embora a rede sempre sofra a ação destas duas contribuições, a PNB-567/75 recomenda que apenas a infiltração seja considerada na elaboração dos projetos hidráulico-sanitários dos sistemas de coleta e afastamento, cujo diâmetro não ultrapasse 1,50 m, tendo em vista que o sistema adotado no Brasil é o do separador absoluto. Quanto às contribuições de águas pluviais, segundo a PNB-568/75, elas devem ser consideradas para o dimensionamento dos extravasores dos grandes interceptores de esgoto.

A rigor, as águas pluviais não deveriam chegar aos coletores de sistemas separadores absolutos, mas na realidade sempre chegam, não somente devido aos defeitos das instalações, mas também devido às ligações clandestinas, à falta de fiscalização e à negligência. Para o seu controle deve ser realizada uma fiscalização efetiva e vigilância constante, sem o que, o sistema adotado perde a razão de sua existência.

As contribuições devido às infiltrações, objeto deste trabalho, incluem:

- águas que penetram nas tubulações, através de juntas;
- águas que penetram nas canalizações, através de infiltrações das paredes dos condutos;
- águas que penetram no sistema, através das estruturas dos poços de visita, estações elevatórias etc.

As infiltrações contribuintes no sistema de esgotos, dependem dos materiais empregados, do assentamento das tubulações, bem como das características do solo, nível do lençol freá-

tico, tipo de solo, permeabilidade etc. Nas áreas litorâneas com lençol freático a pequena profundidade e terrenos arenosos, as condições são mais propícias à infiltração. Em contraposição, nas regiões altas, com lençol freático mais profundo em solos argilosos, a infiltração tende a ser menor.

O coletor predial, às vezes, pode assumir importância fundamental para a infiltração, pois:

- a extensão das ligações prediais geralmente é muito maior do que a extensão total da rede coletora;
- na maioria das vezes a execução dos coletores prediais não é tão cuidadosa como a da rede coletora.

3. MEDIÇÕES EFETUADAS

3.1. Escolha das Cidades

Para as medições foram selecionadas oito cidades localizadas no interior do Estado de São Paulo, de modo que, os dados obtidos nessas cidades fossem representativos de todo o interior do Estado. (Figura 1).



Figura 1 — Cidades em que foram realizadas as medições

3.2. Medidores Utilizados

As medições nas redes secas foram feitas através de medição direta, utilizando um recipiente aferido, medindo

do 24 x 24 x 34 cm e um cronômetro digital eletrônico com leitura em centésimos de segundos.

As medições de vazão de esgoto nas redes em funcionamento foram realizadas a cada meia hora durante 24 horas/dia, utilizando-se os seguintes medidores:

- Medidor Parshall — utilizado em Fernandópolis e Pinhal
- Vertedouro triangular — utilizado em Cardoso e Lucélia.

3.3. Locais de Medição e Resultados Obtidos

3.3.1. Rede Seca

Para as medições de infiltração em redes que ainda não entraram em serviço (com ligações prediais construídas), foram selecionadas as bacias ou sub-bacias localizadas nas cidades de Cardoso, Fernandópolis, Ibiúna, Lucélia, Monte Alto, Pinhal, São João da Boa Vista e Ubatuba. Para todos os locais selecionados, em função do diâmetro, determinamos a extensão, material, tipo de junta, profundidade dos coletores, tipo de solo, nível do lençol freático, número de poços de visita e tipo de pavimentação, conforme apresentado no Quadro 1, que se refere às sub-bacias II-1, II-2 e II-3 da cidade de Monte Alto. Os demais Quadros referentes às outras cidades, por serem análogos aos do Quadro 1, não serão apresentados na sua íntegra, mas suas principais características estão resumidas no Quadro 2.

As medições foram efetuadas em local conveniente, normalmente o ponto de extravasão da bacia ou sub-bacia em estudo.

Os resultados das medições em tempo seco e em tempo de chuva são apresentados no Quadro 3.

3.3.2. Rede em Carga

Foram realizadas medições nas redes em carga durante 24 horas/dia,

Quadro 2 — Resumo das características das áreas em que foram realizadas as medições

Cidade	Bacia ou Sub-bacia	Diâmetros (mm)	Extensão total (m)	Material/Tipo de junta	Prof. dos coletores (m)	Tipo de solo	Nível do lençol freático	Nº de PVs	Ligações Prediais	
									Nº ligações	dim./material
CARDOSO	A	Ø 150, 200, 300	5.156	cerâmica/ag. falso	1,50 a 2,50	areia fina, pouco argilosa	abaixo dos coletores	62	326	Ø 100/cerâmico
FERNANDÓPOLIS	1/2	Ø 150, 250, 300	9.696	cerâmico/ag. falso	1,50 a 3,00	areia fina, pouco argilosa	7% da rede abaixo do lençol 93% acima	140	412	Ø 100/cerâmico
	Interceptor I-1	Ø 150, 250, 300, 375	1.762	cerâmico/ag. falso	1,50 a 3,50	areia fina, pouco argilosa	100% dos coletores abaixo do lençol freático	19	—	—
IBIÚNA	II (parcial)	Ø 150	4.110	cerâmico/ag. falso	1,50 a 2,50	areia silteosa	abaixo dos coletores	81	258	Ø 100/cerâmico
LUCÉLIA	5	Ø 150, 200	4.083	cerâmico/ag. falso	1,50 a 2,00	areia fina silteosa	abaixo dos coletores	65	188	Ø 100/cerâmico
PINHAL	B	Ø 150, 200	4.443	cerâmico/ag. falso	1,50 a 2,50	areia fina argilosa	20% da rede abaixo do lençol freático; 80% acima do lençol	66	296	Ø 100/cerâmico
SÃO JOÃO DA BOA VISTA	III-3	Ø 150, 200	5.009	cerâmico/ag. falso	1,50 a 3,00	areia fina argilosa	abaixo dos coletores	87	341	Ø 100/cerâmico
UBATUBA	4	Ø 150, 200, 300, 400, 450	12.765	fibrócimento/junta elástica	2,00 a 6,00	areia fina grossa, argilosa	100% da rede abaixo do lençol	161	998	Ø 100/fibrócimento
	3 e 5	Ø 150, 200, 250, 300	13.224	fibrócimento/junta elástica	2,00 a 6,00	areia fina grossa, argilosa	100% da rede abaixo do lençol	163	1.345	Ø 100/fibrócimento

Quadro 3 — Resultado das medições de infiltração nas redes secas

Cidade	Bacia ou Sub-bacia	Diâmetros (mm)	Extensão total (m)	Medições efetuadas (l/s)		
				Tempo seco	Tempo de chuva	Taxa de infiltração (l/s x km)
CARDOSO	A	Ø 150	5.156	0,0	0,0	0,0
FERNANDÓPOLIS	1/2	Ø 150, 250, 300	9.696	0,0	0,0	0,0
	Interceptor I-1	Ø 150, 250, 300, 375	1.762	0,18	0,18	0,10
IBIÚNA	II	Ø 150	4.110	0,0	0,0	0,0
LUCÉLIA	5	Ø 150, 200	4.083	0,0	0,0	0,0
MONTE ALTO	II-1, II-2, II-3	Ø 150, 200, 300	29.913	0,0	0,0	0,0
PINHAL	B	Ø 150, 200	4.443	0,0	0,0	0,0
SÃO JOÃO DA BOA VISTA	III-3	Ø 150, 200	5.009	0,0	0,0	0,0
UBATUBA	3, 4, 5	Ø 150, 200, 250, 300, 400, 450	25.989	0,0	0,0	0,0

Quadro 1 — Características da área em que foi realizada a medição em Monte Alto

Sub-bacia	Coletores	Diâmetro	Extensão	Material	Tipo de junta	Prof. dos coletores	Tipo de solo	Nível do lençol freático	Nº de PVs	Tipo de pavimentação
II-1 e II-3	Rede Coletora e Interceptor	Ø 150	8.928	manilha cerâmica	estopa alca troada e ag. falso	1,50 a 2,00	areia argilosa	não detectado nas prof. escavadas	99	Terra - 5.984m Blocret - 2.944m
		Ø 200	641	manilha cerâmica	estopa alca troada e ag. falso	2,00 a 3,00	areia argilosa	não detectado nas prof. escavadas	8	Terra - 641 m
		Ø 300	1.616	manilha cerâmica	estopa alca troada e ag. falso	2,00 a 3,00	areia argilosa	não detectado nas prof. escavadas	15	Terra - 712 m Blocret - 451m Asfalto - 453m
II-2	Rede Coletora e Interceptor	Ø 100	4.391	manilha cerâmica	estopa alca troada e ag. falso	~ 0,90 (*)	areia argilosa	não detectado nas prof. escavadas		
		Ø 150	17.419	manilha cerâmica	estopa alca troada e ag. falso	1,50 a 2,00	areia argilosa	não detectada nas prof. escavadas	183	Terra - 7.720m Blocret - 9.699m
		Ø 200	230	manilha cerâmica	estopa alca troada e ag. falso	1,50 a 2,00	areia argilosa	não detectada nas prof. escavadas	3	Terra - 230 m
		Ø 300	1.079	manilha cerâmica	estopa alca troada e ag. falso	2,00 a 3,00	areia argilosa	não detectada nas prof. escavadas	10	Terra - 392 m Blocret - 490m Asfalto - 197m
	Coleção Predial	Ø 100	9.039	manilha cerâmica	estopa alca troada e estope	~ 0,90 (*)	areia argilosa	não detectada nas prof. escavadas		

(*) Para a ligação das casas com coletores negativas as profundidades foram maiores.

para determinar as vazões mínimas em tempo seco, pois a vazão de infiltração é uma parte dessa vazão medida. As medições na rede em carga foram realizadas nas cidades de Cardoso, Fernandópolis, Lucélia e Pinhal.

Pelo Censo de 1980, as cidades consideradas possuem as seguintes populações:

- Cardoso 8.081 hab.
- Fernandópolis 40.481 hab.
- Lucélia 11.748 hab.
- Pinhal 23.793 hab.

São descritos a seguir detalhes dos sistemas coletores dessas cidades, bem como a maneira como foram feitas as medições.

— Cardoso

Em Cardoso as medições foram efetuadas num vertedouro triangular, cuja localização é mostrada na Figura 2.

Características básicas do sistema de esgoto:

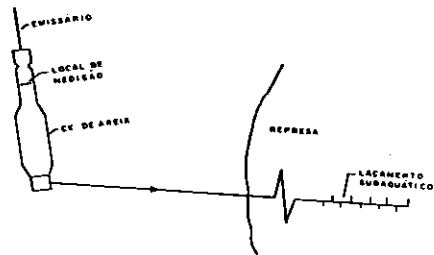


Figura 2 — Local de Medição em Cardoso

— número de ligações de esgoto: 1.210 un

— diâmetro/extensão/material das tubulações:

- Ø 150 mm — 16.644 m — cerâmico
- Ø 200 mm — 1.136 m — cerâmico
- Ø 300 mm — 628 m — cerâmico
- Ø 375 mm — 299 m — cerâmico
- Ø 500 mm — 1.347 m — concreto

Dos coletores de esgoto, cerca de 75% são redes existentes em funcionamento há vários anos e 25% de rede nova.

As medições foram realizadas a cada meia hora durante 24 horas/dia, três vezes por semana, durante quatro semanas consecutivas, abrangendo o período de junho e julho de 1982. A curva resultante das medições é apresentada na Figura 3.

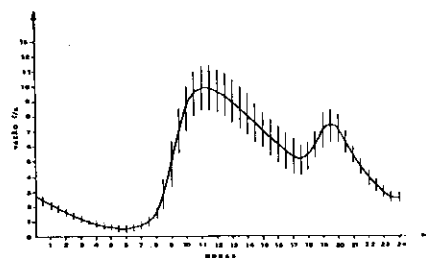


Figura 3 — Variação Horária da Vazão de Esgoto da Cidade de Cardoso

— Fernandópolis

Foi utilizado um medidor Parshall, localizado junto a uma estação de tratamento, para efetuar as medições. (Figura 4)

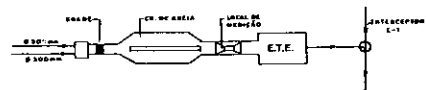


Figura 4 — Local de Medição em Fernandópolis

As medições foram realizadas na sub-bacia 1/2 (parcial), cuja rede existente está em funcionamento há vários anos. As características básicas

dessa sub-bacia são apresentadas a seguir:

— número de ligações de esgoto: 2.320 un

— diâmetro/extensão/material das tubulações:

- Ø 150 mm — 16.470 m — cerâmico
- Ø 200 mm — 740 m — cerâmico
- Ø 250 mm — 230 m — cerâmico
- Ø 300 mm — 1.480 m — cerâmico

As medições foram realizadas de meia em meia hora durante 24 horas/dia, 2 vezes por semana, durante 4 semanas consecutivas, no mês de novembro de 1981, e de 10 em 10 minutos durante 24 horas/dia, 1 vez por semana, durante 4 semanas no mês de dezembro de 1981. A curva resultante das medições é apresentada na Figura 5.

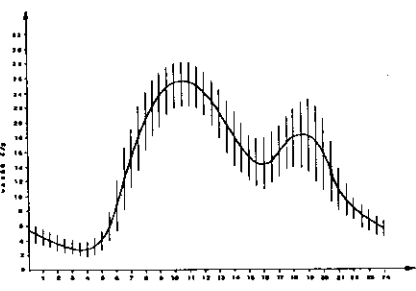


Figura 5 — Variação Horária da Vazão de Esgoto da Sub-Bacia 1/2 (Parcial) da Cidade de Fernandópolis

— Lucélia

As medições foram feitas num vertedouro triangular instalado junto à estação de tratamento da cidade — Lagoa de Estabilização tipo Australiano. (Figura 6)

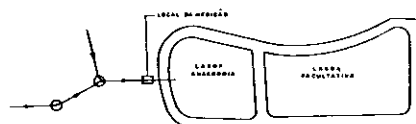


Figura 6 — Local de Medição em Lucélia

Características básicas do sistema de esgoto:

- número de ligações de esgoto: 2.086 un
- diâmetro dos coletores (mm): Ø 150, Ø 200, Ø 250, Ø 375 tubo cerâmico
- extensão total das tubulações: 45.895 m

Cerca de 30% corresponde a redes novas, recentemente executadas, e cerca de 70% são redes antigas em funcionamento há vários anos.

As medições foram realizadas de meia em meia hora, durante 24 horas/dia, três vezes por semana, durante quatro semanas consecutivas, abrangendo o período de junho e julho de 1983. A curva resultante das medições é apresentada na Figura 7.

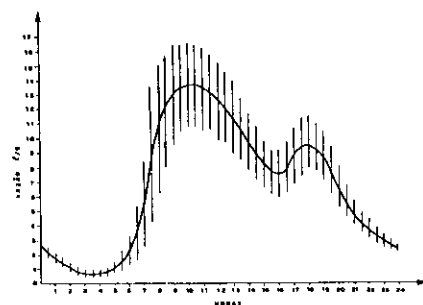


Figura 7 — Variação Horária da Vazão de Esgoto da Cidade de Lucélia

— Pinhal

Um medidor Parshall localizado junto à Estação de Tratamento de Pinhal (Lagoa de Estabilização — Tipo Australiano), foi utilizado para efetuar as medições de esgoto.

Características básicas do sistema de esgoto:

- número de ligações de esgoto: 5.774 un
- número dos coletores: Ø 100, Ø 150, Ø 200, Ø 250, Ø 375 — tubo cerâmico
- Ø 400, Ø 500, Ø 600 — tubo de concreto
- extensão total das tubulações: 103.884 m

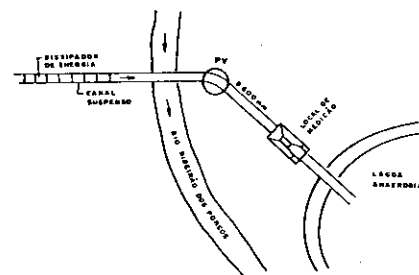


Figura 8 — Local de Medição em Pinhal

Do total da rede, cerca de 70% corresponde à rede existente, sendo que vários trechos estão em funcionamento há mais de 50 anos e 30% tratam-se de rede executada recentemente.

As medições foram realizadas a cada meia hora durante 24 horas/dia, três vezes por semana, durante quatro semanas consecutivas, abrangendo o período de maio e junho de 1983. A curva resultante das medições é apresentada na Figura 9.

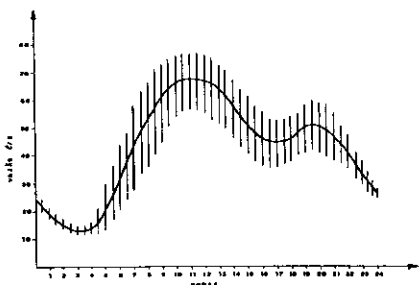


Figura 9 — Variação Horária da Vazão de Esgoto da Cidade de Pinhal

Como se observa nas Figuras 3, 5, 7 e 9, foi traçada uma curva média obtida pelas medições efetuadas e as variações observadas em torno desse valor. Em geral todas as curvas de vazão apresentam comportamentos semelhantes quanto às variações horárias, verificando um aumento nas vazões em torno das 6 e 8 horas, atingindo-se o máximo valor entre 9 e 14 horas. Após estes horários, as vazões diminuem gradativamente, havendo ligeiro aumento por volta das 17 as 20 horas.

As menores vazões foram registradas no período das 3 as 6 horas.

Como os esgotos sanitários decorrem da utilização da água, há uma estreita similaridade entre vazão de esgoto e consumo de água, observando-se apenas o deslocamento de algumas horas nos picos de variação entre o consumo de água e vazão de esgoto, o que pode ser atribuído ao amortecimento ocorrido durante o escoamento do líquido na rede coletora de esgotos.

3.4. Análises dos Resultados

Como se observa no Quadro 3, as medições de infiltração nas redes secas apresentaram resultados positivos apenas no Interceptor de Esgoto I-1 da cidade de Fernandópolis, com valor de 0,10 l/sxkm.

Mesmo em Ubatuba onde 100% dos coletores estão abaixo do nível do lençol freático, não foi constatada nenhuma infiltração. Isto se deve principalmente pelo fato de utilizar o fibrocimento com junta elástica como material dos coletores.

Foram também realizadas medições em tempo de chuva e os resultados foram idênticos aos dias sem chuva. É importante salientar que o tipo de tampão dos poços de visita utilizado pela Sabesp, não tem furos, portanto, não permitindo a penetração de águas pluviais pelos mesmos. Observamos que, nos Estados Unidos, são comuns os tampões com furos, que visam possibilitar a ventilação dos esgotos. O tipo de tampão com furo exerce, por sua vez, uma grande influência sobre a quantidade de água que pode penetrar nos coletores.

Destacamos os testes de estanqueidade em tubos cerâmicos, ponta e bolsa vidrados e não vidrados, junta não elástica, realizados pela Cetesb por solicitação da Sabesp (SUP), nos quais os tubos cerâmicos foram submetidos à pressão de 0,07 MPa (7,13 mca) e 0,2 MPa (20,38 mca), não observando nenhum vazamento. Por estes testes, pode-se concluir que os tubos cerâmicos, junta de asfalto, quando bem executados são completamente estanques. O Relatório Técnico (GDON/DTU n.º 525/82) da Cetesb é apresentado no Anexo 1.

Entretanto, com o decorrer do tempo, as tubulações e as juntas podem

sofrer alterações através da penetração das raízes dos vegetais nas juntas, recalque do terreno ao longo do tempo, a composição do solo pode influir na corrosão externa resultando na deterioração do tubo e/ou junta, enfim, as tubulações podem sofrer diversas modificações e como consequência o coeficiente de infiltração poderá aumentar com o decorrer dos anos.

Com o objetivo de medir as infiltrações nas redes em funcionamento há vários anos, foram efetuadas medições nas redes em carga, cujos resultados são apresentados nas Figuras 3, 5, 7 e 9. Admitindo que a vazão mínima observada em cada caso seja a vazão de infiltração, tem-se os valores para a Taxa de Infiltração conforme Quadro 4.

Quadro 4 — Taxa de infiltração Considerando a Vazão Mínima Noturna

Localidade	Taxa de Infiltração (l/s x km)
Cardoso	0,025
Fernandópolis	0,159
Lucélia	0,017
Pinhal	0,125

Observa-se que os valores do Quadro 4 são normalmente maiores que a vazão de infiltração, pois em uma cidade sempre há ou alguma atividade noturna, ou utilização de aparelhos sanitários durante a madrugada, ou ainda, vazamentos nas bóias e torneiras. Entretanto, considerando os valores do Quadro 4 como taxa de infiltração, foram registradas as seguintes diferenças em relação ao valor da PNB-567/75:

- Cardoso: Taxa de infiltração — 40 vezes menor que a Norma
- Fernandópolis: Taxa de infiltração — 6,3 vezes menor que a Norma
- Lucélia: Taxa de infiltração — 59 vezes menor que a Norma

Quadro 5 — Vazão de Projeto e Vazão Observada

Localidade	Vazão de Projeto (l/s)					Vazão Máx. Observada (l/s)	Q proj. (%)	
	Q Dom.	Q Inf. (l l/sxkm)	Q. Inf. (0,5 l/sxkm)	Q ₁	Q ₂		Q Obs	
							1	2
Cardoso	9,96	20,05	10,03	30,01	19,99	11,40	263	175
Fernandópolis	27,13	18,92	9,46	43,85	34,39	28,00	170	135
Lucélia	23,41	45,90	22,95	69,31	46,36	16,60	418	279
Pinhal	70,73	103,88	51,94	174,61	122,67	76,50	228	160

Q₁ = Vazão total com taxa de infiltração de 1 l/s x km

Q₂ = Vazão total com taxa de infiltração de 0,5 l/s x km

Quadro 6 — Coeficientes Decorrentes das Medições Efetuadas

Localidade	Contribuição "per capita" (*) (l/hab x dia)	Valores Médios		Valores Externos	
		k ₂	k ₃	k ₂	k ₃
Cardoso	90	1,96	0,12	2,27	0,08
Fernandópolis	149	1,70	0,18	1,83	0,13
Lucélia	103	1,84	0,11	2,21	0,07
Pinhal	161	1,43	0,27	1,52	0,24

(*) Incluído infiltração.

— Pinhal: Taxa de infiltração — 8 vezes menor que a Norma.

A vazão é o parâmetro fundamental para o dimensionamento dos vários componentes de um sistema de esgotos sanitários. Normalmente, ela é determinada pela soma da vazão doméstica mais a vazão devido a infiltração. Para os casos estudados, apresentamos no Quadro 5 as vazões adotadas nos projetos, as vazões observadas e as diferenças entre elas.

A população de cada localidade foi estimada através do número de ligações de esgotos, multiplicada pela relação habitantes/domicílio, apresentada pelo Censo de 1980. Os demais coeficientes utilizados para o cálculo das vazões de projeto, foram os das Normas PNB-567/75 e PNB-587/77.

Como se observa no Quadro 5, as vazões de projeto são de 35% a 318% maiores que a vazão medida, dependendo do coeficiente de infiltração adotada.

Além da variação do coeficiente de infiltração, outros coeficientes fundamentais para o cálculo das vazões apresentaram diferenças em relação aos valores recomendados pelas Normas (Quadro 6), tais como:

— contribuição "per capita" de esgoto:

k₂ = coeficiente de máxima vazão horária

k₃ = coeficiente de mínima vazão horária

4. CONSIDERAÇÕES SOBRE A EXECUÇÃO DOS COLETORES DE ESGOTO

As obras de assentamento de redes coletoras, interceptores e emissários, têm sido executadas, na sua maioria, com tubos cerâmicos, tubos de concreto e tubos de fibrocimento.

Os tubos de fibrocimento têm sido utilizados em coletores das cidades litorâneas. Entretanto, qualquer que seja o tipo de tubo utilizado, estes são adquiridos de firmas cadastradas na Sabesp e seu fornecimento é sempre inspecionado pela Cetesb.

O coletor é sempre assentado sobre um leito convenientemente preparado, obedecendo alinhamento e estabilidade, bem como estanqueidade das juntas. Pode ser assentado diretamente sobre o solo apiloado, sobre leito de brita ou sobre lastro, laje e berço, dependendo da consistência do solo e da presença d'água no fundo da vala. Em alguns casos, quando o solo não é firme, pode haver necessidade de estaqueamento.

As juntas dos tubos são executadas com grande cuidado para permitir perfeito escoamento do esgoto, além da estanqueidade das conexões. São utilizados os seguintes tipos de juntas:

- Tubos cerâmicos: as juntas são executadas com corda de estopa alcatroada e asfalto. Essa junta tem característica elástica, proporcionando perfeita estanqueidade das conexões.
- Tubos de concreto: juntas com anel de neoprene.
- Tubos de fibrocimento: juntas com anéis de borracha.

Em quaisquer dos casos é perfeita a estanqueidade das conexões.

Os poços de visita são executados em alvenaria de tijolos maciços, revestidos interna e externamente com argamassa de cimento e areia. As paredes internas, após o revestimento, são queimadas com cimento e alisadas. Os poços também podem ser executados com tubos de concreto de boa qualidade.

A qualidade dos coletores também está intimamente ligada a um reaterro bem executado. Para sua execução deve ser utilizado material de boa qualidade, isento de materiais que possam danificar a tubulação assentada. Normalmente, é feito um apiloamento em camadas nunca superiores a 20 cm até a cota-1,00 m a partir do qual executa-se a compactação mecânica.

Observa-se que todas as tubulações assentadas são testadas quanto a estanqueidade das juntas.

5. COEFICIENTES DE INFILTRAÇÃO — PRINCIPAIS RESULTADOS CONHECIDOS

Raramente foram feitas investigações para determinar os coeficientes de infiltração no Brasil. Os principais resultados conhecidos tanto nacionais como internacionais estão apresentados nos Quadros 7 e 8.

Um outro modo de estimar a vazão de infiltração é apresentado por Hammer. Segundo o referido autor, nos Estados Unidos, a quantidade de infil-

Quadro 7 — Contribuições Devidas às Infiltrações

Autoridade	Local	Ano	Dados Originais	Litros/Seg. por km
Saturnino de Brito	Santos, Recife	1911	0,0001 a 0,0006 l/s.m	0,1 a 0,6
Jesus Netto	São Paulo	1940	0,0003 a 0,0007 l/s.m	0,3 a 0,7
Azevedo Netto	São Paulo	1943	0,0004 a 0,0009 l/s.m	0,4 a 0,9
DES, Sursan	Rio de Janeiro	1959	0,0002 a 0,0004 l/s.m	0,2 a 0,4
Greeley & Hansen	São Paulo	1952	700 a 1.300 gdp acre	0,5 a 1,0
Hazen & Sawyer	São Paulo	1965	4.100 a 23.800 l/d hect	0,3 a 1,7
I.W.Santry	Dallas	1964	13.300 a 55.200 gdp milha	0,3 a 1,4
T.Merriman	USA	1941	1.000 a 50.000 gdp milha	0,03 a 1,4
G.M.Fair e J.C.Geyer	USA	1954	5.000 a 100.000 gdp milha	0,1 a 2,7
SANESP	São Paulo	1973	0,3 l/s.km	0,3
PNB-567	Brasil	1975	1,0 l/s.km	1,0

Fonte: Azevedo Netto, J.M. Contribuições Indevidas para a Rede de Esgotos. Revista DAE, 120 - 1979.

Quadro 8 — Contribuições Devidas às Infiltrações

Autor	Local	Ano	Dados Originais	Litros/seg.por Km	Fonte
Steel	USA	1960	34.400 a 118.000 l/dia.km	0,40 a 1,37	7
WPCF	USA	1969	10.000 a 40.000 gdp milha	0,27 a 1,09	9
Paes Leme	Rio de Janeiro	1977	0,2 l/s x km	0,2	4
Metcalf & Eddy	USA	1981	100 a 10.000 gdp milha	0,003 a 0,27	5

tração permitida é, aproximadamente, de 3 a 5% da vazão máxima horária ou, 10% da vazão média.

Como se observa no Quadro 7, Saturnino de Brito, em medições realizadas em Santos e Recife no ano de 1911, já encontrava valores inferiores aos da PNB 567/75, o mesmo acontecendo com outros pesquisadores nacionais como Jesus Netto, Azevedo Netto, DES (SURSAN) e Max A. Veit (SANESP).

Os valores do coeficiente de infiltração apresentados no Quadro 8 decorrem de pesquisa bibliográfica, sendo importante ressaltar que a literatura americana (Steel, WPCF e Metcalf & Eddy) apresenta valores de infiltração cada vez menores com o decorrer do tempo.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Para os coletores novos situados acima do lençol freático não foi

constatada nenhuma infiltração; para os situados abaixo do lençol, encontrou-se o valor de 0,10 l/s x km (material-manilha cerâmica).

- A melhoria na qualidade dos materiais e das juntas e os controles de execução de obras mais eficientes são fatores fundamentais na diminuição da vazão de infiltração.
- A taxa de infiltração recomendada pela Norma (1,0 l/s x km) é relativamente alta, pois os dados obtidos por vários pesquisadores nacionais resultaram sempre em valores inferiores aos da PNB-567/75.
- Sugere-se que seja revisto o valor da taxa de infiltração recomendada pela Norma PNB-567/75. Como a vazão de infiltração constitui uma parcela às vezes bastante significativa no cálculo das vazões de projeto, deve merecer uma investigação mais ampla e profunda.
- Como resultado desta pesquisa, propõe-se os seguintes valores do coeficiente de infiltração:

- Para os coletores situados acima do lençol freático: 0,20 l/sxkm.
- Para os coletores situados abaixo do lençol freático: 0,10 l/sxkm.

ANEXO 1

RELATÓRIO TÉCNICO GDQN/DTU N.º 0525/82

INTERESSADO: SABESP-CIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

REFERÊNCIA: Carta SABESP n.º SUP 1228-C

ASSUNTO: Estudo de acoplamento em tubos cerâmicos da COLLE S/A. CERÂMICA SÃO MARCOS

1. OBJETIVO

Tanto a especificação SABESP DCO 05.08.81 quanto a EB-5 da ABNT, prevêem para os tubos cerâmicos classe A, que dois terços da superfície interna da bolsa, a partir de sua extremidade, bem como igual distância na superfície externa da ponta não devem apresentar vidrado.

Com o objetivo de testar o desempenho da junta destes tubos comparativamente com os tubos totalmente vidrados, foram executadas juntas com corda alcatroada nos dois tipos (Fotos n.º 01 a 06) (*) e realizados os ensaios descritos a seguir.

2. ENSAIOS

2.1. Ensaio de Estanqueidade

(Fotos n.º 07 a 09) (*)

Foram realizados em 13 (treze) corpos de prova (conjunto de dois tubos Ø 100 mm, unidos com corda alcatroada) de cada tipo em duas fases.

1.ª Fase: os corpos de prova foram submetidos a pressão hidrostática de 0,07 MPa, durante 2 min.

2.ª Fase: os corpos de prova foram submetidos a pressão hidrostática instantânea de 0,2 MPa.

2.2. Ensaio de Tração

(Fotos n.º 10 a 20) (*)

Foram realizados em 13 (treze) corpos de prova (conjunto de 01 (um tubo Ø 100 mm e 01 (um) de 100 x 100 mm unidos com corda alcatroada) de cada tipo.

O ensaio foi realizado em máquina Universal Instron, à velocidade de 0,5 cm/min.

(*) As fotos são do Relatório Técnico; as referências permaneceram na Revista DAE, para o texto não ser alterado.

3. RESULTADOS

3.1 Ensaio de Estanqueidade de Junta

C.P. Nº	1.ª FASE		2.ª FASE	
	VIDRADO	SEM VIDRADO	VIDRADO	SEM VIDRADO
01	NV	NV	NR	NR
02	NV	NV	NR	NR
03	NV	NV	NR	NR
04	NV	NV	NR	NR
05	NV	NV	NR	NR
06	NV	NV	NR	NR
07	NV	NV	NR	NR
08	NV	NV	NR	NR
09	NV	NV	NR	NR
10	NV	NV	NR	NR
11	NV	NV	NR	NR
12	NV	NV	NR	NR
13	NV	NV	NR	NR

NV - Não vazou

NR - Não rompeu

3.2. Ensaio de Tração (kgf)

C.P. Nº	VIDRADO	SEM VIDRADO
01	1680	1080
02	1040	900
03	1080	1020
04	1080	1140
05	2100	860
06	2000	1040
07	1540	1060
08	1000	900
09	1320	760
10	2550	1060
11	980	780
12	1900	2100
13	940	980

4. COMENTÁRIOS E CONCLUSÃO

A montagem dos corpos de prova foi realizada por equipe da Sabesp.

No ensaio de tração nenhum corpo de prova rompeu no local da junta com corda alcatroada.

As profundidades das estrias nos dois casos eram aproximadamente iguais. De acordo com os resultados dos ensaios, conclui-se que o vidramento da ponta e da bolsa não tem interferência na resistência ou na estanqueidade da junta com corda alcatroada.

São Paulo, 30 de novembro de 1982.

WALDIR TESSAROTTO

Visto: Eng.º LUIZ GONZAGA DE LUNA PINHEIRO

Chefe da Divisão de Tubulações

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETTO, J. M. *Contribuições Indevidas para a Rede de Esgotos*. Revista DAE, n.º 120 pág. 36-38, 1979.

AZEVEDO NETTO, J. M. e ALVAREZ A. G. *Manual de Hidráulica* — Editora Edgar Blücher São Paulo, 1975 — 6.ª edição.

HAMMER, M. J. *Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos* — Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1979.

LEME, F. P. *Planejamento e Projeto dos Sistemas Urbanos de Esgotos Sanitários* — CETESB, São Paulo, 1977.

METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater*, McGraw-Hill, New York, 1981.

SANTRY JR., J. W. *Infiltration in Sanitary Sewer*. Journal of the Water Pollution Control Federation, 36 (10): 1256 — 1262, Oct. 1964.

STEEL, E. W. *Abastecimento d'Água e Sistema de Esgotos*. Ao Livro Técnico S/A — Rio de Janeiro, 1966.

VEIT, M. A. *Determinação das Características dos Esgotos da Rede de Coleta da Região Metropolitana de São Paulo*, SANESP, Out. 1973.

WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. *Design and Construction of Sanitary and Storm Sewer*, Washington, DC, WPCF, 1969 (Manual of Practice n.º 9).