

# Critério de projeto para evitar a formação de odores nos coletores de esgotos de grande diâmetro (\*)

Sérgio Rolim Mendonça (1)

## Resumo

Esta publicação apresenta uma tabela para simplificação de cálculos de declividade mínima para coletores circulares de esgotos, em função do indicador Z do dr. Pomeroy.

Inclui também extensa pesquisa bibliográfica na literatura internacional sobre a produção de sulfetos nessas tubulações.

(1) M. Sc., engenheiro de sistemas de Esgotos Sanitários da Cagepa-Cia. de Água e Esgotos da Paraíba, rua Feliciano Cirne, s/n, Jaguaribe, Cep 58.000, João Pessoa, PB.

Engenheiro civil pela Escola de Engenharia da UFPB em 1967, engenheiro sanitário pela Faculdade de Saúde Pública da USP em 1971 e "master of science" em Controle da Poluição Ambiental pela Universidade de Leeds, Inglaterra em 1979. Estagiou na área de Poluição das Águas nos Estados Unidos, Holanda e Japão, em 1973, 1979 e 1984, respectivamente. Funcionário da Cagepa-Cia de Água e Esgotos da Paraíba, onde ocupou os cargos de chefe do Serviço de Estudos e Projetos, chefe da Divisão de Instalações Prediais, coordenador executivo do Programa do BNH, gerente de Obras, assessor de Planejamento, chefe da Divisão de Operação e Manutenção dos Sistemas de Esgotos. Atualmente exerce o cargo de gerente da Pesquisa e Desenvolvimento. É ainda professor adjunto do Centro de Tecnologia da UFPB, lecionando atualmente as disciplinas Sistemas de Esgotos Sanitários e Tratamento de Água e Esgotos. Consultor da Sudene para análise de projetos e projetista autônomo. Autor de diversos trabalhos na área de Engenharia Sanitária, dentre eles o "Manual do Reparador de Medidores de Água", publicado pela Cetesb em 1975.

Apresenta ainda exemplo de um caso real no coletor-tronco CG3, em João Pessoa e explicação detalhada sobre o uso da citada tabela.

## 1 Introdução

Um dos problemas que existe normalmente nos sistemas de esgotos é a produção de gases malcheirosos, principalmente, o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ).

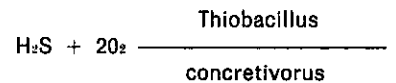
O  $H_2S$  é um gás encontrado com frequência na natureza e muito conhecido por seu odor. Pode ser produzido pela decomposição de algumas espécies de matéria orgânica, especialmente a albumina.

Sua toxicidade não é mais discutida. Na literatura mundial vários registros de morte devido à exalação de  $H_2S$  nos coletores de esgotos são citados. Há evidência que uma concentração de 300 mg/l de  $H_2S$  no ar já causou mortes.

A corrosão nos coletores de esgotos pode resultar da produção biológica de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e é causada por despejos industriais com teores elevados de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). O pH destes despejos deverá ser controlado, com teores va-

riando de 5,5 a 9,0, no intuito de se evitar esse problema.

A corrosão na abóbada dos coletores, Figura 1, ocorre com maior frequência em climas tropicais e nas tubulações assentadas com pequenas declividades ou ainda onde o teor de enxofre nos esgotos seja bastante elevado. A atividade biológica dos esgotos nos coletores cria condições anaeróbias produzindo então o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ). A umidade na abóbada e paredes do coletor absorve o gás sulfídrico ( $H_2S$ ) e oxigênio da atmosfera no interior do mesmo. As sulfobactérias, especialmente a "Thiobacillus concretivorus", oxidam o gás sulfídrico ( $H_2S$ ) contido no interior dos coletores transformando-o em ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), liberando energia para síntese orgânica, equação (1.1)



O ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) formado causa elevada corrosão em materiais vulneráveis. No caso dos coletores de concreto, o ácido sulfúrico reage com a cal formando sulfato de cálcio ( $SO_4 Ca$ ), fazendo com que o concreto per-

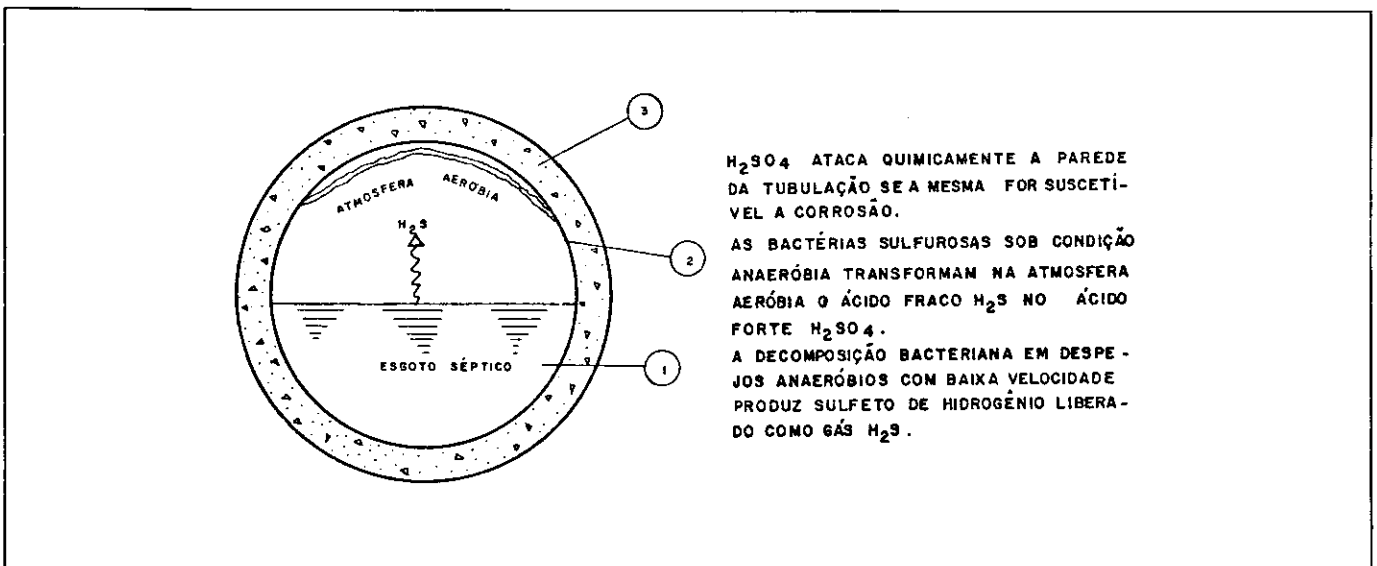


Figura 1 — Corrosão na abóbada dos coletores de esgotos sanitários

ca a sua resistência. A tubulação poderá entrar em colapso quando receber maiores cargas.

## 2 Estimativa da produção de sulfetos

A concentração de oxigênio necessária para a prevenção do desenvolvimento de sulfetos nos coletores pode variar enormemente dependendo de vários motivos. A velocidade do esgoto é um desses fatores. A quantidade de

oxigênio dissolvido necessária para prevenir a produção de sulfetos, por isso, é bastante variável. Essa faixa de variação geralmente está compreendida entre 0,5 e 1,0 mg/l de oxigênio dissolvido.

Uma das características da geração de sulfetos nos coletores é que sua ocorrência é temporária.

A taxa de sulfetos aumenta diretamente com o aumento da temperatura dependendo ainda de maneira complexa da concentração de nutrientes

orgânicos e de sulfato. Se houver excesso de nutrientes orgânicos, a taxa de sulfetos é limitada pela quantidade de sulfato. Caso contrário a taxa de sulfetos é limitada pela quantidade de nutrientes orgânicos.

Até há alguns anos, o escoamento nas redes coletoras era considerado a meia seção. Como as águas de esgotos são geralmente aeróbias, ao se escoarem em coletores de pequenos diâmetros, supondo-se que as velocidades mínimas sejam obedecidas, a contri-

**Avaliação do risco da formação de odores em coletores de esgotos fórmula Z (dr. Pomeroy), EDBO, mg/l e Q, l/s.**

$$i_{m,12} = K \times 10^{-6} \times \frac{(EDBO)^2}{Q^{2/3}}$$

$\frac{Y}{D}$	K	$\frac{Y}{D}$	K	$\frac{Y}{D}$	K
0,10	0,4141	0,34	0,6217	0,58	1,108
0,11	0,4203	0,35	0,6342	0,59	1,142
0,12	0,4266	0,36	0,6470	0,60	1,178
0,13	0,4331	0,37	0,6603	0,61	1,216
0,14	0,4397	0,38	0,6741	0,62	1,256
0,15	0,4466	0,39	0,6884	0,63	1,298
0,16	0,4536	0,40	0,7033	0,64	1,344
0,17	0,4608	0,41	0,7186	0,65	1,392
0,18	0,4682	0,42	0,7346	0,66	1,443
0,19	0,4758	0,43	0,7512	0,67	1,497
0,20	0,4837	0,44	0,7685	0,68	1,555
0,21	0,4917	0,45	0,7865	0,69	1,617
0,22	0,5000	0,46	0,8052	0,70	1,684
0,23	0,5086	0,47	0,8246	0,71	1,756
0,24	0,5173	0,48	0,8449	0,72	1,833
0,25	0,5264	0,49	0,8661	0,73	1,917
0,26	0,5357	0,50	0,8883	0,74	2,007
0,27	0,5453	0,51	0,9114	0,75	2,106
0,28	0,5552	0,52	0,9356	0,76	2,213
0,29	0,5654	0,53	0,9609	0,77	2,330
0,30	0,5760	0,54	0,9875	0,78	2,459
0,31	0,5869	0,55	1,015	0,79	2,601
0,32	0,5981	0,56	1,045	0,80	2,758
0,33	0,6097	0,57	1,075		

buição de esgoto fresco, parcialmente oxigenado, ao longo das canalizações mantinha tal condição através de longos percursos.

Atualmente, com as modificações que estão sendo efetuadas na P-NB-567 (Elaboração de Projetos de Redes de Esgotos Sanitários) o problema deverá aumentar. As tubulações deverão ser dimensionadas em função da tensão de arraste, obtendo-se em certos casos velocidades ainda menores, além da lâmina líquida máxima ser igual a 0,75 do diâmetro. Maiores cuidados, portanto, deverão ser tomados, por ocasião do dimensionamento de coletores de grande diâmetro. Nessas situações, a relação entre a superfície livre onde se processa a dissolução do ar atmosférico e a massa de água em circulação é muito pequena, de modo que o teor de oxigênio diminui ou se anula inteiramente. O consumo de oxigênio nas reações biológicas de degradação da matéria orgânica é maior que o suprimento proporcionado pela dissolução do ar atmosférico, na superfície livre da corrente líquida.

As fórmulas propostas na literatura internacional para a previsão da taxa de sulfetos em coletores por gravidade são bastante complexas. Porém, Pomeroy (8) propôs uma fórmula empírica bem simples, que através de um indicador Z, tem a finalidade de avaliar o risco do aparecimento de odores em coletores sanitários. É chamada de fórmula Z, a seguir:

$$Z = \frac{3 \text{ (EDBO)}}{1/2 \quad 1/3} \times \frac{P}{Q \quad b} \quad (2.1)$$

onde:

Z = coeficiente Z da fórmula de dr. Pomeroy. (Para valores de Z menores de 5.000 o H<sub>2</sub>S está raramente presente ou somente em diminutas concentrações nos coletores. Para valores de Z iguais ou maiores do que 25.000, o H<sub>2</sub>S dissolvido estará presente com frequência e tubos de concreto com pequenos diâmetros possivelmente entrarão em colapso dentro de cinco a dez anos.)

EDBO = DBO<sub>5,20°C</sub> do esgoto bruto em mg/l multiplicado pelo fator 1,07<sup>T-20</sup>.

T = temperatura média do esgoto, no mês mais quente, em °C

i = declividade do coletor, em m/m

Q = vazão máxima horária, em l/s

P = perímetro molhado, em m

b = corda correspondente à altura molhada, em m

Baseado na equação (2.1) elaboramos a tabela a seguir, adotando-se Z = 5.000, no intuito de orientar os projetistas, na medida do possível, na escolha ideal das declividades mínimas dos coletores de grande diâmetro, para que se evite a formação de H<sub>2</sub>S nessas tubulações.

### 3 Produtos químicos utilizados no controle de sulfetos nos coletores

Vários produtos químicos são usados para a eliminação de H<sub>2</sub>S nos coletores de esgotos.

O cloro, inclusive na forma de hipoclorito, é o produto químico mais usado para controle de sulfetos. Reage não apenas com o H<sub>2</sub>S como também com as mercaptanas, as quais são um componente importante na formação de odores nos esgotos sanitários. Previne a formação de H<sub>2</sub>S por algum tempo após sua aplicação, por inibir o desenvolvimento bacteriano no esgoto. Deprime a demanda bioquímica de oxigênio e reduz o consumo de oxigênio dissolvido. Com a concentração de oxigênio dissolvido elevada será impedido posteriormente o reaparecimento do sulfeto de hidrogênio. Uma das vantagens de sua aplicação é o custo elevado do produto.

Griffiths (2) descreve pesquisa realizada na Inglaterra em meados dos anos 70, em três sistemas de esgotos sanitários em áreas rurais. Essa pes-

quisa foi executada em níveis operacionais e de laboratório.

A total remoção de sulfeto requereu uma dosagem de 11 l/h de 35% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peróxido de hidrogênio) para uma vazão média de 106 m<sup>3</sup>/dia.

Nitrato de sódio foi utilizado por ser considerado o produto químico mais barato e uma alternativa efetiva para o peróxido de hidrogênio, como fonte de oxigênio. Concentrações de nitrato até e acima de 50 mg/l (como nitrogênio) foram usadas, em uma daquelas localidades, porém o H<sub>2</sub>S foi controlado intermitentemente. Nos outros dois sistemas, depois de quatro semanas a dose necessária para o controle de sulfeto estabilizou-se em 20 mg/l N tendo após um ano aproximado de uso, chegado a 10 mg/l N. Entretanto, o tratamento não foi efetivo.

Nitrato férrico foi usado com uma solução equivalente a 100.000 mg/l N e 140.000 mg/l F<sub>3+</sub>. Os resultados foram variáveis no início e depois de certo tempo apareceu uma grande quantidade de lodo negro, observado no ponto final de descarga de um coletor-tronco. Foi detectado que a quantidade de nitrato que foi adicionada para combater a produção de sulfeto estava causando o problema da produção de lodo. Simultaneamente, o teor de nitratos no efluente final aumentou de 25 mg/l para 40 mg/l.

Finalmente foram adicionadas misturas de sulfeto férrico e ácido nítrico. O julgamento indicou que uma solução de 42.000 mg/l N e 125.000 mg/l F<sub>3+</sub> provou ser menos dispendiosa a sua compra do que a aquisição de nitrato férrico comercial. A concentração de nitrato nos esgotos foi reduzida de 58%, porém a eficiência na remoção de H<sub>2</sub>S foi mantida.

Finalmente foi apresentada uma tabela indicando a quantidade dos produtos químicos utilizados na pesquisa com os respectivos custos a seguir:

TRATAMENTO	QUANT. ANUAL REQUERIDA ( ton. )	CUSTO ANUAL £ (libras esterlinas)
Peróxido de Hidrogênio	9,5	2950
Nitrato de Sódio	5	1000
Sulfeto Férrico/ Ácido Nítrico	2,2	227

Fonte: Griffiths (2)

Uma solução de sulfeto férrico e ácido nítrico, com uma concentração equivalente a 42.000 mg/l N e 125.000 mg/l F. 3+ mostrou ser o tratamento mais efetivo de todos os tratamentos estudados.

#### 4 Ventilação de sistemas de esgotos

Na literatura internacional existem várias publicações sobre a cinética da geração de sulfeto nos coletores de esgotos. Entretanto, é rara a publicação de trabalhos sobre a ventilação dos sistemas de esgotos sanitários.

Pescod (7) e Keddie (4) realizaram na Inglaterra recentemente estudos sobre o assunto. O trabalho realizado por Pescod (7) forneceu, pela primeira vez, um critério definitivo para ser usado nos projetos de ventilação nos coletores. Esses princípios poderão ser extrapolados para as condições de países de clima tropical aonde os problemas causados pela produção de sulfeto de hidrogênio são mais acentuados do que nos países de clima temperado.

Uma solução possível para eliminação do H<sub>2</sub>S nos coletores de grande diâmetro é a ventilação através dos poços de visita em tubos de PVC com 100 mm de diâmetro até os postes de energia elétrica mais próximos onde os gases deverão se dispersar no topo dos mesmos.

#### 5 Um caso real, o problema da formação de odores no coletor-tronco CG3 de João Pessoa, PB

Com a ampliação do sistema de esgotos sanitários da cidade de João Pessoa, PB, foi implantado o coletor-tronco CG3 da rede coletora, com 1.400 m de extensão, em tubos de concreto armado, CA 2, com diâmetro de 900 mm, vazão máxima horária de 500 l/s, declividade de 0,001 m/m, lâmina líquida relativa de 0,72 e velocidade de 0,9 m/s. A temperatura média de esgoto no mês mais quente foi estimada em 28°C e a DBO<sub>5</sub> igual a 300 mg/l.

Após a sua implantação reclamações frequentes de maus odores foram levadas à Cagepa, o que originou um parecer elaborado por Lima (5) em meados de 1982.

A título de ilustração vamos calcular o indicador Z, conforme a equação (2.1).

De acordo com os dados apresentados teremos,

— complemento, suplemento ou repleto do ângulo do setor circular:

$$\theta = 2 \arccos \left( 1 - 2 \frac{Y}{D} \right) =$$

$$2 \arccos (1 - 2 \times 0,72) \cong 4,05 \text{ rad.}$$

— Perímetro molhado:

$$P = \frac{\theta D}{2} = \frac{4,05 \times 0,9}{2} \cong 1,82 \text{ m}$$

— corda correspondente à altura molhada:

$$b = D \sin \frac{\theta}{2} = 0,9 \sin \frac{4,05}{2} = 0,81 \text{ m}$$

— Fórmula Z:

$$Z = \frac{3 \times 300 \times 1,07^{28-20}}{(0,001)^{1/2} \times (500)^{1/3}} \times \frac{1,82}{0,81} \cong 13,843 > 5,000$$

Segundo Pomeroy (8), para valores de Z em torno de 15.000, as seguintes condições provavelmente serão observadas: "O odor dos esgotos aumentará consideravelmente de tempos em tempos. Rápido ataque às estruturas de concreto é esperado nos pontos de turbulência, com significantes ataques nas outras partes. Com tubos de concreto com espessura média das paredes igual a 25 mm, há uma grande probabilidade de colapso dentro de 25 anos."

Qual seria a declividade mínima a ser adotada por ocasião do projeto para se evitar a formação de H<sub>2</sub>S?

Utilizando-se a tabela apresentada, vem,

$$\text{Para } Y/D = 0,72, K = 1,833$$

— Declividade mínima:

$$i_{\text{mín}} = K \times 10^{-6} \times \frac{(\text{EDBO})^2}{Q^{2/3}} = 1,833 \times 10^{-6} \times \frac{(300 \times 1,07^{28-20})^2}{(500)^{2/3}} \cong 0,00773 \text{ m/m}$$

Concluimos que a declividade mínima teria que ser aproximadamente 7,7 vezes maior do que a adotada.

#### 6 Conclusão

É óbvio que cada caso deverá ser estudado isoladamente. Por João Pessoa se tratar de cidade litorânea, com topografia muito plana, seria praticamente impossível se chegar a essa declividade devido ao alto custo da obra.

A tabela apresentada pretende facilitar os cálculos de declividade mínima para que se evite a formação de H<sub>2</sub>S nos coletores de esgotos. Muitas vezes, com o aumento da velocidade nos coletores de grande diâmetro, poderá ser evitada grande despesa durante toda a vida operacional do sistema a ser implantado.

#### 7 Referências bibliográficas

- 1 — GASI, T. M. T. et alii. **Controle de Odores em Sistemas de Esgotos**, Revista DAE, Vol. 44, n. 137, jun 1984, pp. 122 — 43.
- 2 — GRIFFITHS, I. W. **Sulphide Control in Rising Mains**, Journal of the Institute of Water Pollution Control, Vol. 80, 1981, n.º 4, pp. 644 — 7.
- 3 — HAMMER, M. J. **Water and Wastewater Technology**, John Wiley and Sons, Inc., Nova Iorque, 1977.
- 4 — KEDDIE, A. W. C. **The Quantification of the Emissions and Dispersion of Odours from Sewage — Treatment Works**, Journal of the Institute of Water Pollution Control, Vol. 81, 1982, n.º 2, pp. 266 — 79.
- 5 — LIMA A. F. **O Problema da Formação de Odores no Coletor-Tronco CG3, da Rede Sanitária de João Pessoa, PB**. Parecer apresentado à Cagepa em 20/06/82.
- 6 — METCALF AND EDDY, INC. **Wastewater Engineering — Collection and Pumping of Wastewater**, McGraw-Hill Book Company, Nova Iorque, 1981.
- 7 — PESCOD, M. B. **Fundamentals of Sewer Ventilation as Applied to the Tyneside Sewerage Scheme**, Journal of the Institute of Water Pollution Control, Vol. 80, 1981, n.º 1, pp. 17 — 33.
- 8 — POMEROY, R. D. **The Problem of Hydrogen Sulphide in Sewers**, Clay Pipe Development Association Ltd., Londres, 1977.
- 9 — USEPA - **Process Design Manual for Sulfide Control in Sanitary Sewerage Systems**, EPA 625/1 — 74 — 005, out. 1974.