

II-497 - CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO BRUTO EM REGIÃO LITORÂNEA: FALTA OU EXCESSO DE CARGA ORGÂNICA? ESTUDO NA ETE MARTIM DE SÁ CARAGUATATUBA/SP

Fernanda Cavalcante Gomes⁽¹⁾

Engenheira Civil pela FESP. Mestre em Ciências concentração Engenharia Hidráulica / Saneamento Básico pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Engenheira da SABESP.

Roque Passos Piveli

Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da USP.

Endereço⁽¹⁾: Av. do Estado, 561 – Ponte Pequena - São Paulo - SP - CEP: 01107-900 – Brasil - Tel: +55 (11) 3388-6411 - Fax: +55 (11) 3388-7103 - e-mail: fernandagomes@sabesp.com.br

RESUMO

O objetivo deste estudo foi caracterizar o esgoto bruto afluente e identificar a contribuição *per capita* para DQO afluente em ETE, localizada em cidade litorânea com potencial turístico, operada com lodos ativados em bateladas sequenciais, para esclarecer se há excesso ou falta de matéria orgânica afluente, verificar a influência da infiltração de águas pluviais na concentração e na carga de DQO afluente, e identificar a contribuição *per capita* de esgoto sanitário. Para isso, foram medidas as concentrações de DQO do esgoto bruto e a vazão afluente à ETE e realizados os cálculos correspondentes.

Os resultados deste estudo indicaram que a infiltração de águas pluviais aumenta a carga orgânica afluente à ETE devido ao excesso de vazão e provavelmente devido ao efeito de lavagem que ocorre nas redes coletoras no momento de chuva forte. O excesso de vazão arrasta o material orgânico sedimentado nos coletores para a estação causando o aumento da concentração de DQO afluente. Durante a baixa temporada e sem a contribuição de águas pluviais, o esgoto apresentou-se diluído com baixa carga orgânica afluente e com alta contribuição *per capita* de esgoto sanitário. Estas duas condições podem ser indicativas de alta infiltração de água subterrânea nos coletores. A contribuição *per capita* para DQO foi maior nos momentos de alta infiltração de águas pluviais. Já durante a alta temporada e sem excesso de chuvas, a concentração de matéria orgânica apresentou-se superior ao valor medido na baixa temporada e próximo ao valor de projeto de pico de verão.

PALAVRAS-CHAVE: Infiltrações, Esgoto Diluído, Carga Orgânica, Vazão, Lodos Ativados.

INTRODUÇÃO

Muito se discute sobre as características do esgoto bruto afluente em ETE localizada em região litorânea. Há relatos das equipes de operação de que a carga orgânica é excessiva durante a temporada de férias e relatos de que o esgoto é fraco com alto grau de diluição durante a baixa temporada e nos momentos de excesso de vazão que ocorre devido à infiltração de águas pluviais e subterrâneas.

Mas efetivamente há poucos dados divulgados e disponíveis sobre a carga orgânica. O que se tem são apenas os valores da literatura e os resultados dos monitoramentos realizados pela operação dos sistemas que, às vezes, não refletem a realidade da estação devido à metodologia de coleta das amostras. Normalmente coleta-se uma amostra pontual (única) ou se produz uma amostra composta, que consiste na mistura de várias alíquotas coletadas durante determinados intervalos de tempo, mas em quantidades iguais e não proporcionais à vazão afluente correspondente.

Assim, para identificar o comportamento da matéria orgânica afluente a ETE em região litorânea, foi realizada esta pesquisa na ETE Martim de Sá localizada em Caraguatatuba, cidade do Litoral Norte do Estado de São Paulo. Foram medidas as concentrações da Demanda Química de Oxigênio (DQO) e a vazão afluente. Com estas medições foi calculada a carga orgânica afluente e, com base na população de projeto, foi calculada a contribuição *per capita* para DQO e a contribuição *per capita* de esgoto sanitário.

A ETE Martim de Sá opera com lodos ativados em bateladas sequenciais em 04 reatores biológicos. Possui grades manual e mecanizada, desarenador tipo canal retangular de velocidade constante e calha parshall. O efluente tratado é clorado e lançado no Rio Guaxinduba. O lodo é adensado num adensador gravitacional e desaguado em centrífuga. A torta é transportada para um aterro sanitário.

Caraguatatuba por ser uma instância turística litorânea possui variação da população ao longo do ano. Durante a temporada de férias e verão ocorre um aumento significativo da população flutuante e na baixa temporada a população diminui, permanecendo apenas a população fixa. Na baixa temporada muitos imóveis de veraneio permanecem fechados, sendo utilizados somente na alta temporada. Nesta região, o número de imóveis com fossas sépticas conectadas às redes coletoras é considerável.

Entende-se que o aumento da população e um grande número de fossas conectadas às redes coletoras, podem levar ao aumento da carga orgânica afluyente à ETE. Um maior número de pessoas utilizando os aparelhos hidráulicos das residências gera maior quantidade de esgoto, que por sua vez realiza a lavagem e carregamento de todo material orgânico e sólido parado nas fossas para a estação. Este esgoto além de apresentar maior concentração de matéria orgânica, possui características sépticas, com presença de sulfetos, odor desagradável e coloração escura.

Caraguatatuba possui elevado índice pluviométrico, com maior frequência de chuvas durante o verão. O sistema de coleta de esgotos foi concebido como separador absoluto, porém na prática grande quantidade de águas pluviais se infiltra nas redes coletoras por diversos meios, tais como ligações clandestinas de águas pluviais conectadas à rede de esgotos, tampas de poços de visitas, ligações de esgotos abandonadas. Alguns bairros de Caraguatatuba estão localizados em fundo de vale e não possuem sistema de drenagem urbana, estas condições levam os moradores a conectarem suas redes de águas pluviais às redes de esgotos. O excesso de vazão afluyente devido às chuvas, também provoca o efeito de lavagem das redes e suposta redução da concentração da matéria orgânica.

A Infiltração de água subterrânea nas redes coletoras também é bastante comum. A presença de lençol freático a pequena profundidade e solo tipicamente arenoso são condições propícias à infiltração. As águas subterrâneas penetram nas tubulações por meio das juntas, imperfeições nas paredes dos tubos e pelas estruturas dos poços de visitas e das estações elevatórias (AZEVEDO NETTO, 1979).

METCALF & EDDY (2003) considera diluído um esgoto com DQO igual a 250 mg/L, médio com DQO igual a 500mg/L e concentrado o esgoto com DQO igual a 1000 mg/L. Nos projetos, mesmo que não se tenha informação segura com base local, costuma-se adotar contribuições *per capita* de 54 e 100g/habitante.dia para a DBO de cinco dias e para a DQO, respectivamente (ALEM SOBRINHO, 2004).

Algumas medições de contribuições de esgotos sanitários foram realizadas no Estado de São Paulo, e os resultados variaram de 74 a 207 L/habitante.dia (ALEM SOBRINHO, 2004).

METODOLOGIA

Neste estudo, as amostras de esgoto bruto foram coletadas nas seguintes condições de funcionamento da estação:

- 1ª) na baixa temporada sem chuvas, a coleta foi realizada no dia 19/12/2008;
- 2ª) durante a alta temporada sem chuvas num feriado prolongado, as amostras foram coletadas no dia 30/12/2008;
- 3ª) na baixa temporada com chuva e excesso de vazão afluyente, com as amostras coletadas no dia 17/09/2009.

As amostras foram coletadas a cada hora na chegada de esgoto bruto à estação, e determinada a concentração de DQO individualmente. A medição de vazão de esgoto afluyente durante o excesso de chuvas foi realizada diretamente na calha parshall também a cada hora. A vazão na condição normal de funcionamento da estação, ou seja, sem chuvas fortes, foi obtida com divisão do volume do reator biológico disponível para enchimento pelo seu respectivo tempo de enchimento.

Com base na população de projeto e nos resultados das medições de DQO e vazão, foram calculadas a contribuição *per capita* para DQO, carga orgânica afluyente e a contribuição *per capita* de esgoto sanitário. Para análise do comportamento da ETE durante a baixa temporada foi utilizada a população fixa e, na alta temporada, foi utilizada a população de pico de verão.

A população considerada nos cálculos foi a do meio do plano, ou seja, do ano de 2010. A contribuição *per capita* para DQO utilizada no projeto foi de 100g/habitante.dia. As características do afluyente utilizadas no dimensionamento da ETE para o ano de 2010, estão indicadas na Tabela 01.

Tabela 01 – Parâmetros de projeto da ETE – Ano

PARÂMETRO	POPULAÇÃO FIXA	POPULAÇÃO DE PICO DE VERÃO
Nº habitantes	10250	41620
Vazão (L/s)	52,23	122,24
Carga DQO (kg/dia)	1098	4458
Concentração DQO (mg/L)	271	422

RESULTADOS

Os resultados das concentrações de DQO das coletas realizadas no dia 19/12/2008 estão ilustrados na Figura 01. Embora esta coleta tenha sido efetuada num dia do mês de dezembro, que é considerado início da alta temporada, este dia foi representativo da baixa temporada e sem a ocorrência de chuvas.

A DQO média obtida foi de 210 mg/L, ou seja, pode-se considerar este esgoto como diluído de acordo com METCALF & EDDY (2003), e abaixo de 271mg/L que é o valor de projeto. A vazão média afluyente neste dia foi de 29,68L/s, com variação de 22,98 a 41,47 L/s. Com estes dados e com base na população fixa de projeto de 10.250 habitantes, a contribuição *per capita* para a DQO foi calculada e os valores encontrados estão ilustrados na Figura 02.

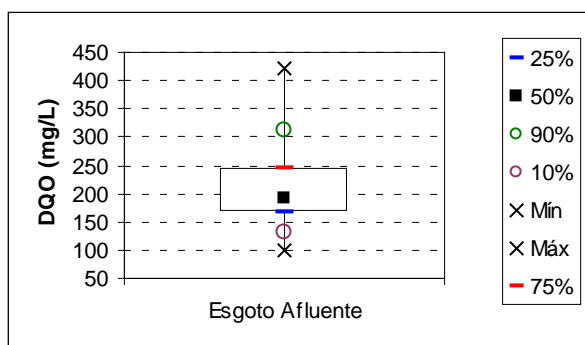


Figura 01 – Concentração de DQO afluyente em 19/12/2008

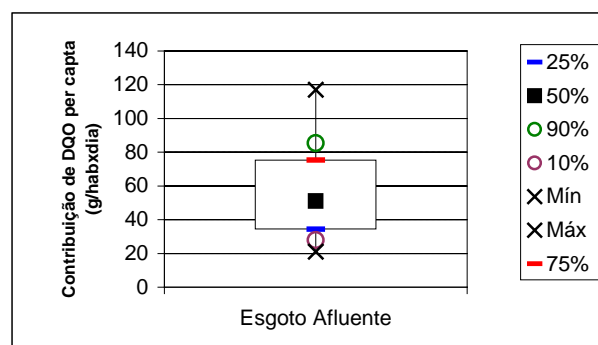


Figura 02 – Contribuição de DQO afluyente por habitante em 19/12/2008

A contribuição *per capita* utilizada no projeto foi de 100g/habitante.dia para DQO, e o valor médio obtido de acordo com as medições realizadas foi de 54g/habitante.dia, ou seja, metade do valor adotado em projeto. A contribuição *per capita* média de esgoto sanitário foi 250 L/habitante.dia, com variação de 193 a 350 L/habitante.dia. Os resultados da carga de DQO afluyente estão ilustrados na Figura 03.

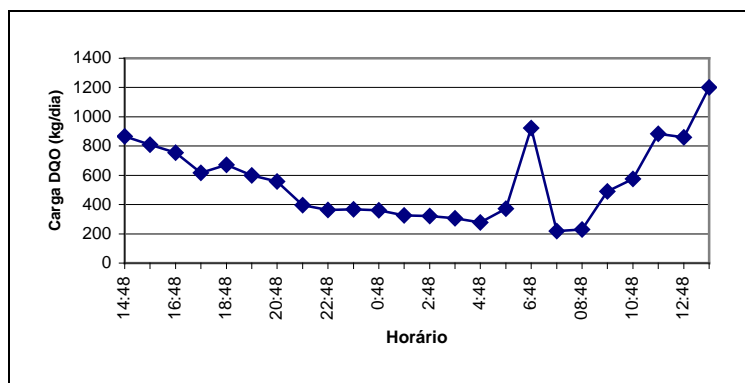


Figura 03 – Carga de DQO afluyente em 19/12/2008

A carga média de DQO obtida foi de 556kg/dia, ou seja, abaixo do valor de projeto de 1098kg/dia. Na Figura 03 pode-se observar que a carga aumenta próximo ao horário de almoço, sendo que em apenas uma medição, a carga foi maior que o valor de projeto.

O monitoramento realizado em 30 de dezembro de 2008 foi sem a ocorrência de chuva forte e com aumento da população flutuante; dia considerado típico da alta temporada, véspera do feriado de ano novo. Os resultados da DQO estão representados na Figura 04. O valor médio de DQO obtido foi de 398mg/L, próximo ao valor de projeto de 422mg/L. Neste monitoramento a vazão afluyente variou de 34 a 106 L/s, o valor médio foi de 73L/s. Considerando para este cenário a população de projeto de pico de verão de 41.620 habitantes e os dados obtidos no monitoramento, a contribuição média de DQO por habitante foi de 58g/habitante.dia, ou seja, abaixo do valor de projeto que é igual a 100. Os resultados das contribuições *per capita* de DQO estão ilustrados na Figura 05. A contribuição *per capita* média de esgoto sanitário foi 152 L/habitante.dia, a contribuição mínima foi 71 L/habitante.dia e a máxima de 220 L/habitante.dia.

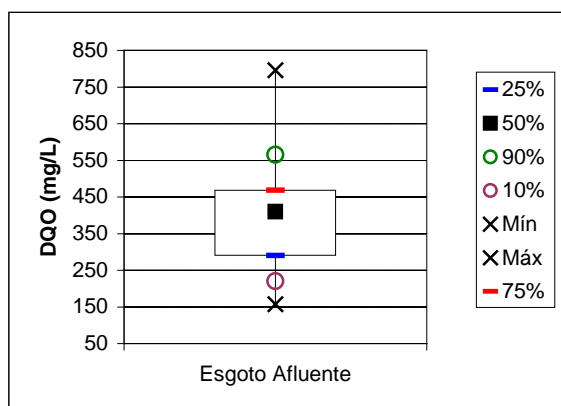


Figura 04 – Concentração de DQO afluyente em 30/12/2008

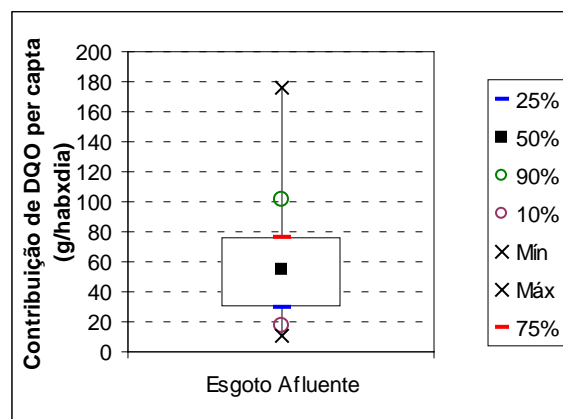


Figura 05 – Contribuição de DQO afluyente por habitante em 30/12/2008

A carga de DQO obtida está ilustrada na Figura 06. O valor médio obtido foi de 2423kg/dia, abaixo de 4458 kg/dia que é o valor de projeto, no entanto algumas medições pontuais foram superiores.

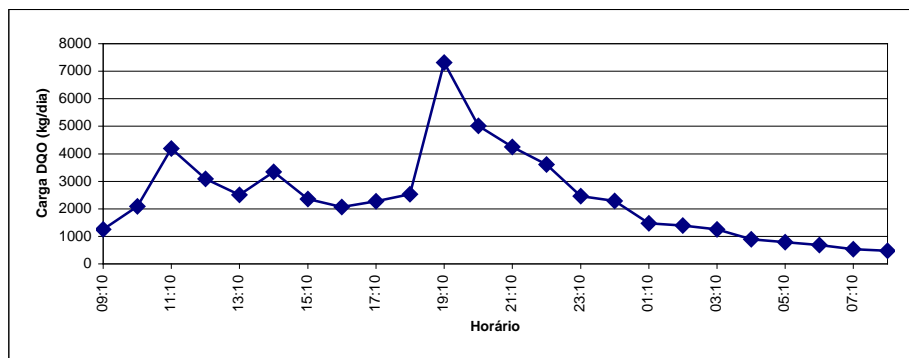


Figura 06 – Carga de DQO afluente em 30/12/2008

No dia 17 de outubro de 2009 foram coletadas amostras de esgoto bruto na condição de chuva forte e excesso de vazão afluente, na baixa temporada. A Figura 07 indica as leituras de vazões. Observa-se que após certo tempo de chuva a vazão se estabiliza em 180L/s, ou seja, seis vezes maior que a vazão média obtida no dia 19 de dezembro de 2008 e maior que o valor de projeto que é de 52,23L/s.

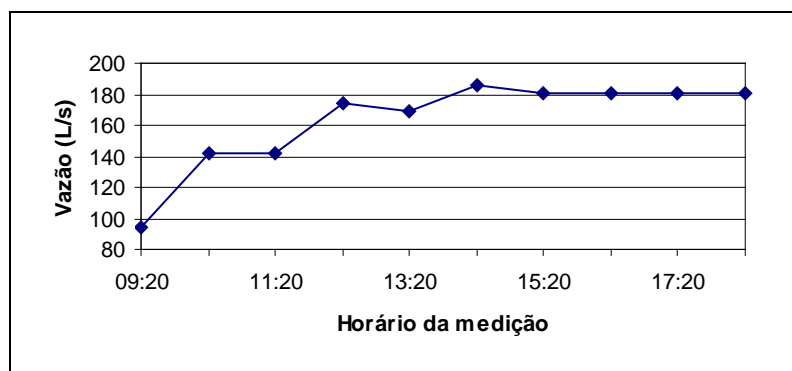


Figura 07 – Vazão afluente com chuva forte e excesso de vazão 17/10/2009

Os resultados das concentrações de DQO obtidos neste monitoramento estão indicados na Figura 08. Observa-se praticamente, que em cerca de 05 horas, a concentração de DQO está acima de 271 mg/L, e com o decorrer do tempo, ela diminui e tende a se estabilizar. Isto ocorre, provavelmente, devido ao efeito de lavagem gerado pelo grande fluxo de água de chuva nas redes coletoras e nas fossas sépticas conectadas à rede coletora, que carrega o material sedimentado nestas unidades para a ETE. Foi observado também que, nos dias anteriores a esta campanha de coleta, não choveu. A DQO média foi de 230mg/L abaixo do valor de projeto de 271mg/L.

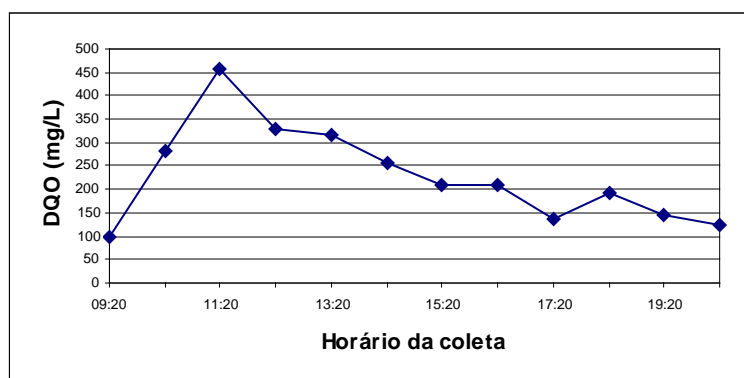


Figura 08 – DQO do esgoto afluente na condição de chuva forte e excesso de vazão em 17/10/09

A contribuição *per capita* para DQO foi obtida considerando a população fixa de projeto do ano de 2010 de 10250 habitantes, os valores do monitoramento de vazão e a DQO no momento da chuva. Os resultados estão ilustrados na Figura 09.

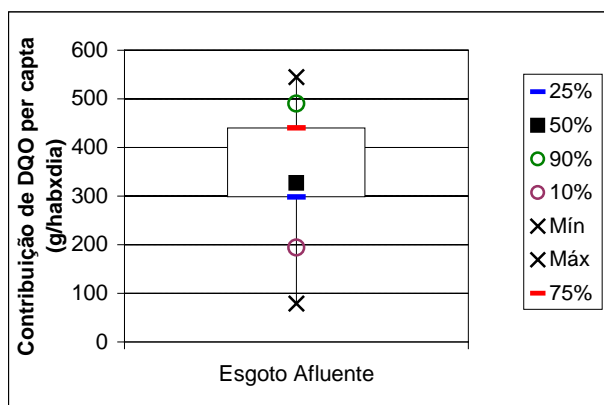


Figura 09– Contribuição de DQO afluente por habitante em 17/10/09

Para este cenário foi constatado que a contribuição média de DQO *per capita* igual a 343 g/habitante.dia é superior ao valor de 100g/habitante.dia. Apenas o resultado da primeira amostra ensaiada foi inferior ao valor de projeto. Mesmo depois do efeito de diluição do esgoto bruto, a contribuição *per capita* para DQO permaneceu elevada devido ao alto valor da vazão. A contribuição *per capita* de esgoto não foi calculada para esta condição de funcionamento devido à alteração da vazão afluente.

A carga de DQO obtida está indicada no gráfico da Figura 10. A carga de DQO média foi de 3519 kg/dia. Apenas uma amostra apresentou carga de DQO correspondente ao valor de projeto que é de 1098 kg/dia, as demais amostras tiveram valor acima que o projetado.

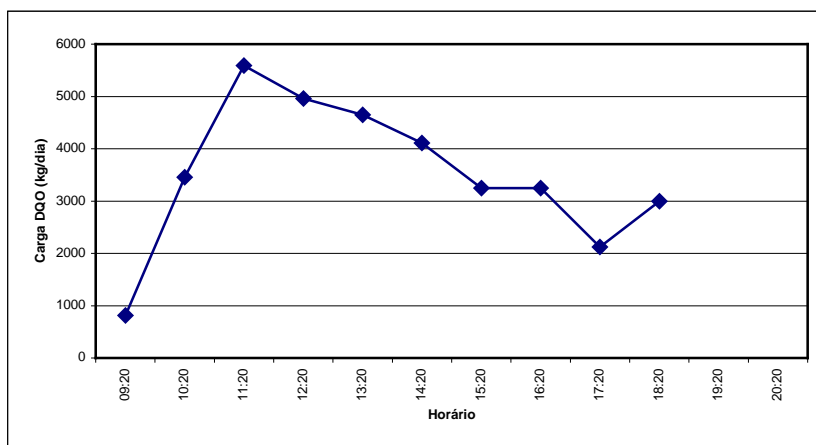


Figura 10 – Carga de DQO afluente em 17/10/09

CONCLUSÃO

Para a condição de baixa temporada e sem a ocorrência de chuvas, o esgoto afluente à ETE apresentou-se tipicamente com baixa carga orgânica. Os valores médios de concentração de DQO, vazão afluente, contribuição *per capita* para DQO, e a carga orgânica ficaram abaixo dos valores estabelecidos em projeto. Já a contribuição *per capita* de esgoto sanitário ficou acima dos valores indicados na literatura. A característica deste esgoto é de diluição. Analisando conjuntamente a característica de baixa concentração de DQO com a alta contribuição *per capita* de esgoto sanitário pôde-se supor que ocorreu grande infiltração de água subterrânea nas redes coletoras.

Durante a alta temporada, com elevação da população flutuante e sem a ocorrência de chuvas, o esgoto bruto apresentou concentração de matéria orgânica entre fraca e média, de acordo com METCALF & EDDY (2003), porém superior à concentração identificada na baixa temporada. A carga orgânica afluyente média e a contribuição per capita média para DQO foram inferiores ao valor de projeto. A contribuição *per capita* de esgotos sanitários foi semelhante ao valor indicado na referência bibliográfica, diferentemente da condição de baixa temporada. Tal fato pode ser devido à elevada população de pico de verão considerada nos cálculos. É possível que a população real seja menor que a considerada nos cálculos. Diante deste cenário é possível que a carga orgânica seja excessiva em alguns momentos.

No momento de chuva forte na baixa temporada, a vazão afluyente triplicou em comparação com o valor utilizado no projeto. O esgoto afluyente apresentou concentração média de DQO com características de diluição, contudo, no início das chuvas a concentração de DQO foi elevada. Esta elevação é proveniente do efeito de lavagem que ocorre nas redes coletoras e fossas sépticas conectadas à rede pública, devido ao excesso de águas pluviais nos coletores. A contribuição *per capita* média para DQO foi praticamente três vezes maior que o valor de projeto. Tal fato é devido à triplicação da vazão afluyente no período de chuva. A carga orgânica na condição de chuva forte foi excessiva, comparando-se ao valor de projeto.

Pelos resultados dos estudos realizados, percebe-se que a ocorrência de infiltração de águas pluviais nas redes coletoras foi o principal motivo para a ocorrência de excesso de carga orgânica afluyente à ETE. Sem a influência das chuvas, as contribuições *per capita* obtidas foram praticamente metade da contribuição utilizada no projeto. Nos eventos de chuva forte, a estação despense recursos para tratar água de chuva.

RECOMENDAÇÕES

Algumas ações durante as fases de projeto, construção e operação, podem ser adotadas para diminuir a quantidade de material orgânico sedimentado nas redes, como, por exemplo, rever os critérios de projeto relativos à declividade das redes, assentar os tubos adequadamente, implantar manutenção preventiva e lavagem das redes de esgoto.

Para se evitar a infiltração de águas pluviais nos coletores de esgoto, os bairros devem ter boas condições de drenagem urbana e não estarem localizados em áreas com características topográficas de fundo de vale que favoreçam a infiltração de águas pluviais. A qualidade na execução dos coletores é outro fator essencial para que as redes não tenham pontos fracos susceptíveis à infiltração de águas pluviais. As instalações prediais dos imóveis devem ser rigorosamente fiscalizadas para se evitar a ligação das tubulações de águas de chuvas nos coletores de esgotos.

Se a infiltração de água de chuva nas redes coletoras for evitada, e também não ocorrer o acúmulo de material sedimentado nas redes que vai para ETE de uma só vez nos momentos de chuva forte, é possível considerar no projeto uma contribuição *per capita* para DQO, menor que a do valor usualmente adotado. Consequentemente os custos de implantação e operação serão reduzidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, J. M. **Contribuições indevidas para a rede de esgotos**. Revista DAE, São Paulo, número 120, p. 36-38. 1979.
2. METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 4th edition. McGraw-Hill, 2003. 1815 p.
3. ALEM SOBRINHO, P. **Tratamento de esgoto – concepções básicas, geração de lodo, consumo de energia e custos de implantação**. São Paulo. 2004
4. ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2ª edição. São Paulo. 2000