



**COBENGE 2005**

**XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande - Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

## **TRABALHO DE GRADUAÇÃO - IMPACTO DE TORMENTA SOBRE VAZÃO E QUALIDADE DO ESGOTO COLETADO EM PEQUENA BACIA**

**André Luiz de Lima Reda** – [allreda@mackenzie.com.br](mailto:allreda@mackenzie.com.br)

Escola de Engenharia – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Rua da Consolação, 896.

CEP 01302-907 – São Paulo – SP

**Marcelo Portugal Ferreira** – [portu\\_pnc@hotmail.com](mailto:portu_pnc@hotmail.com)

**Resumo:** *O objetivo didático do trabalho foi despertar no graduando (segundo autor) uma visão ambiental do saneamento. Investiga incursões de águas pluviais em rede de esgoto projetada como separadora absoluta e, conseqüentemente, na estação de tratamento receptora – cujo processo pode ser perturbado pelo aumento no volume e impactos na qualidade do esgoto afluente por ocasião de tormentas. O objetivo técnico deste projeto é aumentar a conscientização de profissionais de planejamento, projeto e operação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos, tomadores de decisões, governos, legisladores e a população em geral quanto à prática, clandestina ou conjetural, de encaminhar contribuições pluviais prediais ou públicas à rede de esgoto, bem como quanto às suas conseqüências; além de alertar para a importância da manutenção física adequada do sistema coletor. Ilustra-se, com valores reais colhidos na entrada da estação de tratamento que serve uma pequena bacia em São Bernardo do Campo, SP, variações de vazão e qualidade do esgoto por ocasião de uma tormenta, discutindo problemas que podem ocorrer em estações submetidas a tal impacto e, ainda, indicando soluções apresentadas por estudiosos para que se evite as conseqüências que o despejo de esgotos sem tratamento adequado teria sobre o corpo d'água receptor – a Represa Billings. Este estudo, com a contribuição de órgãos municipais e estaduais, além da indústria RIPASA, ilustra o potencial do trabalho de graduação interdisciplinar para formar um profissional integrado com os diversos agentes da sociedade, contribuindo com a ciência, em geral, e melhorando a visão ambiental do saneamento, no presente caso.*

**Palavras-chave:** *Saneamento ambiental, Transientes no esgoto, Drenagem urbana, Iniciação científica, Trabalho de graduação.*

## 1. INTRODUÇÃO

Sistemas de esgoto do tipo separador absoluto foram concebidos para coletar águas residuárias (domésticas e industriais) e transportá-las de forma independente do sistema de drenagem pluvial. Ainda assim, os condutos destinados às águas residuárias sofrem uma invasão de águas pluviais infiltradas no subsolo, que depois penetram através de falhas nas tubulações e órgãos acessórios, formando o chamado “esgoto sanitário” (TSUTIYA e ALEM, 1999). No Estado de São Paulo, sistemas separadores absolutos atendem 65 % da população, refletindo a tendência geral, pois este é o tipo mais largamente utilizado em solo brasileiro. Porém, para que estações de tratamento de esgoto (ETE) alimentadas por redes separadoras absolutas obtenham sucesso, é necessário um controle para evitar que águas pluviais, principalmente de telhados e quintais, sejam encaminhadas junto às residuárias para o coletor de esgoto – controle este a ser realizado nas tubulações e órgãos acessórios e em campanhas de localização de ligações clandestinas. Segundo TSUTIYA E ALEM (2000), tal controle, na maioria das cidades brasileiras, não existe como uma prática ao longo do tempo.

Numa ETE alimentada por sistema de coleta separador absoluto, a interferência causada no processo pela passagem de tormentas pode trazer perturbações à qualidade do corpo d’água receptor, devidas à pior qualidade que irá resultar no efluente tratado – bem como pode possibilitar a descarga *in natura* de excessos de vazão, acima da capacidade da estação, naquele curso d’água e, ainda, carregar as úteis bactérias usadas para o tratamento residuárias (componentes do lodo) para fora da ETE. Em casos mais amenos, a estação poderá apenas produzir efluentes de pior qualidade; nos mais graves, em que houver descarga de excessos *in natura*, o prejuízo à qualidade das águas receptoras poderá ser bem maior (REDA, 1996).

## 2. SISTEMAS DE ESGOTO SANITÁRIO E A REGIÃO METROPOLITANA

Os tipos de sistemas coletores de esgoto conhecidos são (TSUTIYA E ALEM, 2000):

- a) Sistema separador absoluto (coleta o esgoto sanitário separado da drenagem)
- b) Sistema separador parcial (admite apenas a drenagem das economias com o esgoto)
- c) Sistema unitário ou combinado (admite a drenagem das economias e também a pública)

Na Europa do Norte e nos Estados Unidos, os primeiros sistemas de esgotos os coletavam em conjunto com as águas pluviais, porém de forma precária. A primeira grande evolução em termos de projeto ocorreu em 1842, em Hamburgo, Alemanha: pela primeira vez um sistema unitário foi projetado por modernas teorias e obteve sucesso, sendo difundido e aplicado em várias cidades, tais como: Boston (Estados Unidos); Paris (França); Buenos Aires (Argentina) e Viena (Áustria). Estes e muitos outros funcionam até hoje, em razoável estado.

Já na cidade de Memphis (EUA), em 1879, o engenheiro George Waring concluiu que o sistema unitário era muito dispendioso. Propôs, daí, recolher as águas pluviais em separado do esgoto, criando o sistema separador absoluto de esgoto, com grande efeito até a atualidade.

Mundialmente, percebe-se a larga utilização de sistemas unitários em regiões onde não ocorram chuvas torrenciais periodicamente, ou seja, com clima temperado ou frio, e a maior utilização de sistemas separadores absolutos onde ocorram chuvas torrenciais convectivas, ou seja, em regiões de clima tropical. FERREIRA (2004) revê este assunto em mais detalhes.

O sistema separador parcial, mesclagem do sistema unitário com o separador absoluto, foi empregado pioneiramente no Brasil na cidade do Rio de Janeiro, a partir de 1857 (AZEVEDO NETTO *et al*, 1983), visando a diminuição de custos com relação à implantação de dois sistemas

em separado. Sabe-se que as áreas daquela metrópole assim servidas passam por dificuldades, hoje, durante tormentas. Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), houve no final do Século XIX a implantação incipiente de sistema unitário, a qual não “vingou”, tendo sido tal filosofia de projeto abandonada à época (RODRIGUES E JORDÃO, 1989) e substituída por uma preferência generalizada pelos coletores separadores absolutos.

Hoje na RMSP, o sistema de esgoto é responsável pela coleta e transporte de dejetos de aproximadamente 6.500.000 habitantes e inúmeras indústrias e está dividido conforme mostra a Figura 1. Esse sistema é responsável por interceptar os esgotos, efetuar seu tratamento e devolvê-los tratados aos corpos d’água receptores da mesma Região Metropolitana.

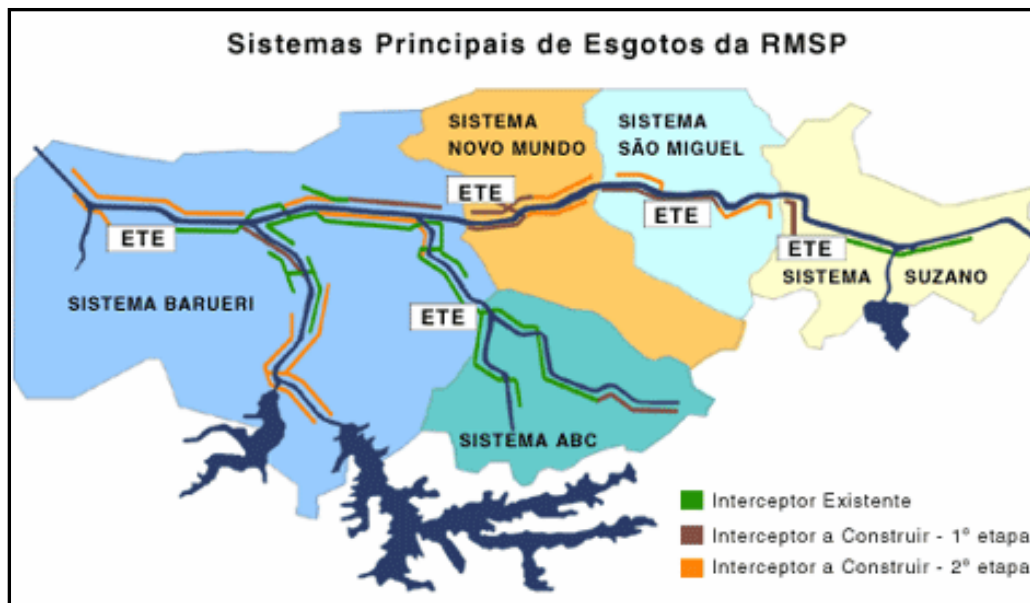


Figura 1 – Localização das ETE da RMSP (SABESP, 2000).

O sistema de esgotos da Região Metropolitana de São Paulo é constituído por cinco áreas de coleta, cada uma com sua ETE principal. Para o encaminhamento dos esgotos às ETE, são percorridos mais de 130km, com interceptores, sifões, travessias e emissários com diâmetros entre 0,60 e 4,50m. Esses elementos são responsáveis pelo tratamento atual de 11.000L/s.

### 3. A QUALIDADE DOS ESGOTOS E DOS RIOS E O IMPACTO DE TORMENTAS

As ETE da RMSP estão sujeitas a terem suas capacidades ultrapassadas durante tormentas na bacia contribuinte, o que resultaria transbordamento e, eventualmente, desvio direto do excesso de esgoto para o corpo d’água receptor, através de um “by pass”. Essa estrutura é uma tubulação usada, quando conveniente, para desviar a parte excedente do esgoto para o corpo d’água receptor, seja *in natura* ou com tratamento apenas parcial (REDA, 1996). Tais ocorrências geram um grande transtorno ao redor da ETE, seja na rede coletora a montante, no meio ambiente, nas áreas habitadas próximas ou até mesmo dentro da própria estação. A seguir, tais problemas serão detalhados sob os aspectos ambientais, sociais e técnicos.

O excesso de esgoto desviado para as águas receptoras pode acarretar piora na sua qualidade, podendo ainda levar a ETE a ter sua função mal executada, com a iminência de transbordamento

e até episódios de descarga de esgoto in natura. Principalmente em rios que já gozem de boa qualidade, este seria um impacto ambiental a reduzir consideravelmente a qualidade de vida e a segurança dos usuários do rio, afetando ainda sua vida aquática.

Segundo JORDÃO e PESSOA (1995), 99,9% do esgoto doméstico, em média, são formados por água; no restante, estaria a parcela de sólidos orgânicos, inorgânicos, suspensos, dissolvidos e ainda microorganismos – sendo a matéria orgânica sua mais importante característica, constituída principalmente por proteínas, carboidratos, gorduras e óleos. No entanto, a parcela de apenas 0,01% de matéria sólida pode, eventualmente, significar a morte de um ecossistema. Os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) servem como determinação indireta da matéria orgânica contida no esgoto. Durante extravasamento de uma ETE, a população vizinha pode sofrer, dependendo da topografia local, uma inundação de esgotos dentro de suas casas, como já ocorreu na estação de Riacho Grande, aqui estudada. Inundações podem causar doenças e perda de utilidades domésticas; impactos no sistema de saúde; custos para os cofres públicos e para a economia privada ou, em casos extremos, a morte de várias formas de vida. Tal conjunto de danos (ambientais; à saúde pública e econômicos) não é desejável, podendo ser evitado com melhor planejamento, projeto e operação da rede, bem como maior nível de consciência sanitária e ambiental dos usuários. Considere-se, ainda, que no caso de uma ETE não possuir “by-pass” e vir a precisar dele, terrenos vizinhos provavelmente terão que ser desapropriados, com os inerentes custos tangíveis e intangíveis. Assim, o bom planejamento, aliado ao gerenciamento integrado de sistemas sanitários, deverá reservar tais áreas para o futuro.

Em redes de esgoto que recebem águas pluviais através de ligações clandestinas e infiltrações nas partes constituintes, o comportamento do fluxo é temporariamente modificado por completo. Não raramente as tubulações passam a operar como condutos forçados, ocasionando transtornos aos usuários da rede e também ao sistema de tratamento de esgoto. Assim, a primeira parte da onda de vazão ocasionada em decorrência da existência de uma tormenta (conhecida como “primeira leva”) transporta, para dentro da estação de tratamento, sólidos e detritos que são “arrancados” dos fundos da tubulação e de órgãos acessórios, em função do crescimento da velocidade e da turbulência causado por contribuições pluviais advindas da tormenta. Logo, todo o processo de tratamento acaba se tornando menos eficaz, além de mais oneroso.

Com os argumentos acima, fica claro que as águas pluviais provenientes de tormentas causam grandes impactos (sociais, ambientais e técnicos) nos esgotos de rede coletora a elas sujeita. Por outro lado, a aplicação na prática do sistema separador absoluto, atualmente utilizado no Brasil, não se tem demonstrado eficaz para garantir a coleta apenas de esgoto. Devido à falta de controle pelos órgãos públicos, águas pluviais são, cada vez mais, encaminhadas à rede de esgotos da RMSP – que obviamente não foi dimensionada para tal acréscimo de vazão nas ocasiões de tormentas. Levantamentos em países do Hemisfério Norte, onde se utiliza largamente os sistemas unitários, chegaram à conclusão de que a melhor solução, atualmente, para se lidar com o incremento de vazões de esgoto devido a tormentas é a implantação de piscinões (“storm tanks”) na rede, pouco antes das estações de tratamento de esgoto (KREJCI *et al.*, 1996). Esses podem agir, durante e logo após a tormenta, como agentes amortecedores da oscilação na vazão afluente. Conseqüentemente, o impacto de variações na vazão afluente à ETE sobre a qualidade do efluente e, naturalmente, também do corpo d’água receptor, seriam amenizadas. O eventual excesso do volume da primeira leva e os excedentes seguintes que coubessem ficariam confinados no piscinão durante as tormentas e pouco após. O tratamento desse esgoto

armazenado seria realizado após o período da tormenta, com óbvias vantagens tanto para a qualidade do efluente (LESSARD, 1989) como para o curso d'água receptor (REDA, 1996).

## **4. ESTUDO DE CASO**

### **4.1 Metodologia empregada no trabalho original**

O estudo se baseia em séries temporais de valores de vazão, DQO, DBO e OD medidas por alguns dias no ponto de admissão do esgoto à estação de tratamento de Riacho Grande, localizada na margem direita da Rodovia Anchieta, no sentido São Paulo-Baixada Santista. A estação, em fevereiro de 2004, deixou de ser administrada pelo DAE-SBC, pois a Prefeitura Municipal de São Bernardo do Campo concedeu esse serviço à SABESP. A população atendida é de baixo poder aquisitivo, predominantemente – moradores dos arredores da represa e usuários do pequeno comércio, principalmente bares, à sua margem.

Uma campanha de medição horária em abril de 2004, com a coordenação pessoal do segundo autor (seis dias consecutivos: de 12 a 17/04), permitiu reconhecer padrões diários de variação de vazão, bem como nos respectivos padrões para concentrações de DQO, DBO e OD. Como isto foi feito para uma seqüência de dias, pode-se também reconhecer mudanças típicas nos padrões das diversas variáveis acima ao longo da semana. Dentre tais dados, os coletados no dia 15/04/2004, quando uma tormenta ocorreu, serviram para revelar mudanças no comportamento do esgoto afluente à ETE em tal situação (como a bacia contribuinte é pequena, alterações relevantes na vazão e nas concentrações dos diversos parâmetros de qualidade devidas a tormenta ocorrem prontamente, exigindo uma discretização temporal tão refinada como a seguida aqui).

A diferença principal entre os testes de DBO e DQO, como seus nomes sugerem, é que a DBO se relaciona à oxidação de matéria orgânica bioquimicamente, realizada inteiramente por microorganismos, enquanto a DQO se relaciona à oxidação de matéria orgânica quimicamente, em geral em laboratório, com um oxidante forte em meio ácido (dicromato de potássio, na análise-padrão). Existe uma tendência atual para a utilizar-se mais o teste de DQO, em substituição ao de DBO, pela maior simplicidade e rapidez.

Mais detalhes sobre metodologia e uma discussão mais abrangente com relação àquela campanha completa estão na publicação de FERREIRA (2004).

As análises de DQO e DBO foram realizadas no Laboratório de Meio Ambiente do Grupo RIPASA, nas instalações daquela empresa (Americana, Estado de São Paulo). As determinações de OD ocorreram no próprio local de coleta, com um medidor portátil de oxigênio dissolvido. As vazões foram estimadas com um medidor Parshall, atendendo à norma respectiva da CETESB.

### **4.2 Análise crítica dos resultados**

Analisa-se aqui apenas os dados coletados durante o dia com tormenta, 15/04/2004. Nele, a vazão máxima foi cerca de 80L/s – oito vezes maior que a máxima de tempo seco – mesmo se considerando como vazões de tempo seco aquelas ocorridas durante o acionamento das bombas da estação elevatória. Já sem considerar as vazões nos momentos de bombeamento, o pico da

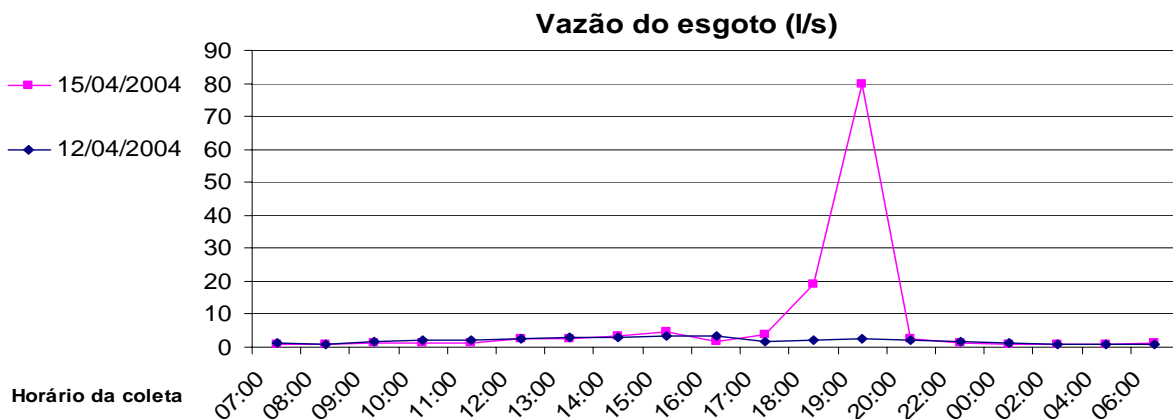


Figura 2 – Vazões de esgoto afluyente nos dias 12 e 15 de abril de 2004  
 tormenta seria cerca de 15 vezes maior que a máxima de tempo seco (como pode ser visto na Figura 2) – conclusão alarmante, pois tal volume afluyente compromete totalmente a qualidade do tratamento. Lembre-se, ainda, que também a qualidade do afluyente (não só a vazão), sofre perturbação em função do aporte de águas pluviais à rede. Isto fica evidente na análise que segue.

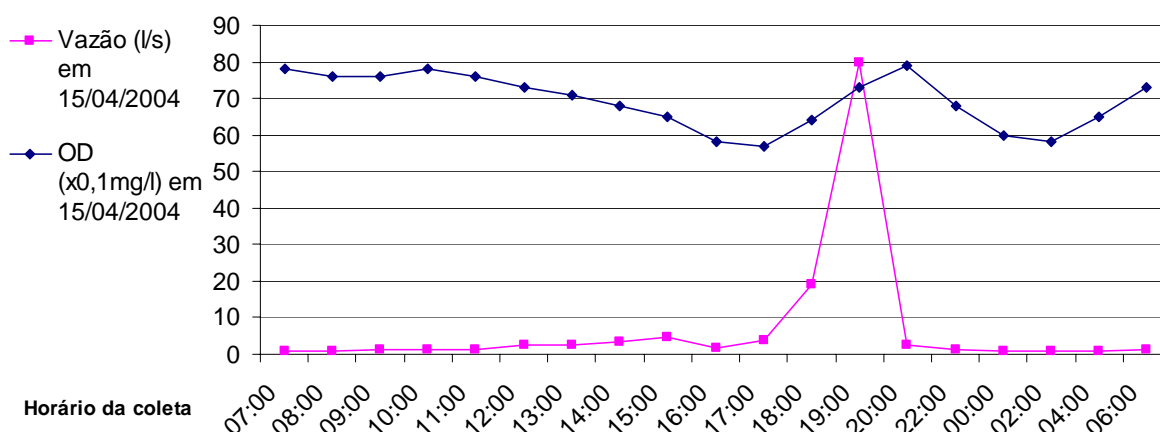


Figura 3 – Comportamento da vazão x OD em 15/04/2004

Vê-se na Figura 3 a conseqüente modificação de qualidade no esgoto em termos de oxigênio dissolvido, cuja concentração, num momento inicial, tende a baixar devido à carga orgânica que é solta das tubulações durante a passagem da primeira leva do evento. Logo após, os teores de oxigênio se recuperam até se tornarem aceitáveis (com o aporte de águas de enxurrada, mais aeradas). Porém, depois disto eles voltam a cair bruscamente, chegando perto da linha que delimita o início da morte de peixes (próximo de 4 a 5mg/L – este último valor para espécies mais nobres).

Em geral, os níveis de OD encontrados neste trabalho são bons, por dois motivos: a) ao longo da rede coletora, são comuns inúmeros desníveis acentuados e singularidades, que provocam turbulência (e, conseqüentemente, aeração); b) a água de precipitações atmosféricas, incorporada ao esgoto, tende naturalmente a apresentar maiores concentrações de OD.

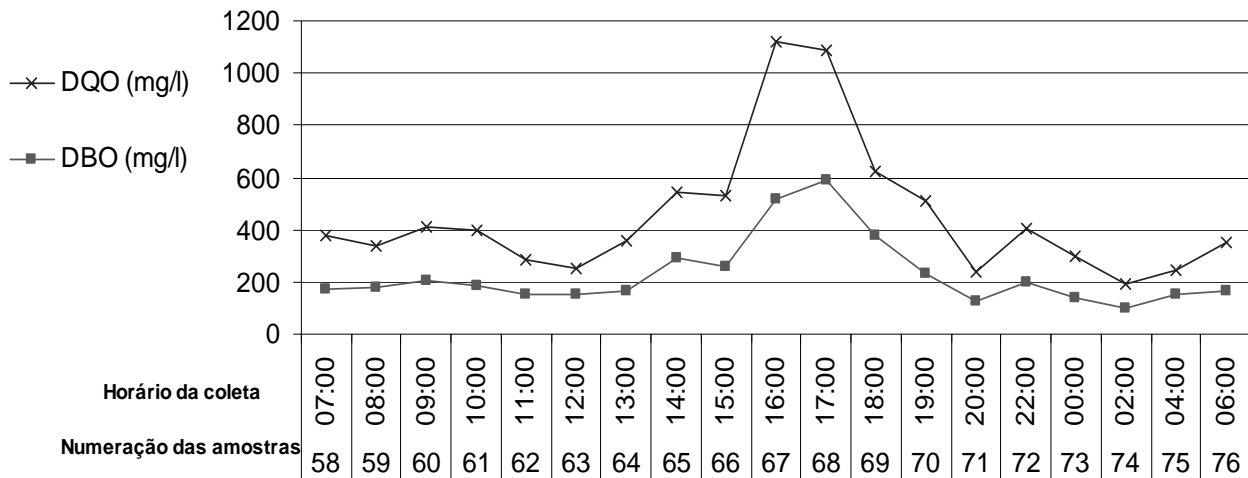


Figura 4 – Demandas química e bioquímica de oxigênio em 15/04/2004

Comparando-se as figuras 3 e 4, vê-se uma relação entre as oscilações na demanda de oxigênio e na concentração de OD: enquanto DQO e DBO são elevadas, os níveis de OD se mantêm em queda significativa; já quando as demandas de oxigênio baixam, este tem a chance de recuperar concentração. Isto era esperado, por relatos práticos revisados na literatura (ver REDA, 1996), e reflete a relação de causa e efeito entre demanda de oxigênio (em geral) e a queda nas concentrações deste elemento na água. O pico atingido pela DQO (por exemplo) às 15h, de 1100mg/L, apesar da diluição que se espera com a presença de águas pluviais, é bem superior ao valor de concentração desse poluente naquele horário do dia – e sensivelmente maior que os valores máximos diários observados durante os outros dias da campanha.

Outro aspecto a ser observado na Figura 4 é que a DBO segue de perto o comportamento da DQO. As concentrações da primeira são constantemente próximas à metade das da segunda, confirmando tendência apresentada no tempo seco da campanha (FERREIRA, 2004).

Só a discussão deste caso já trás um significativo ganho de informação quanto às variações características do esgoto afluente à ETE, tanto qualitativa quanto quantitativamente. As amplitudes dos aumentos transitórios de vazão e concentrações de DBO e DQO nele verificados por causa da tormenta são surpreendentes, mesmo à luz dos resultados de pesquisas análogas em comunidades em que o esgoto é coletado por sistemas unitários. Uma leitura mais completa sobre as campanhas, em FERREIRA (2004), porém, pode mostrar toda a extensão da pesquisa realizada, que vai além desta discussão. Investigações assim são importantes dentro de um contexto em que se mantenham cadastros de redes, para o conhecimento e a classificação das amplitudes de variações típicas na qualidade e no comportamento hidráulico do esgoto. Ao serem realizados mais trabalhos como este, abrangendo outros determinantes de qualidade e diferentes regiões, estar-se-á disponibilizando informação importante para facilitar a compreensão daquelas variações e, assim, propiciando ao projetista meios para conceber com mais realismo suas redes coletoras e estações de tratamento – daí, sistemas mais eficientes. Esta experiência pode, ainda, orientar pesquisas congêneres em outras regiões.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Decorre da análise acima que partes do sistema coletor de esgotos da RMSF não estão funcionando como separadoras absolutas de fato. Assim, tubulações, órgãos acessórios e estações de tratamento trabalham como no regime do sistema misto, onde parte das águas pluviais é enviada junto com os esgotos – como ocorre em partes da cidade do Rio de Janeiro.

As oscilações transientes na vazão e na qualidade do afluente à ETE não são, infelizmente, consideradas em geral no dimensionamento desta, fazendo que o tratamento do esgoto, nas épocas de tormentas, fique perturbado e oneroso e que aumente a probabilidade de eventos de perda de qualidade da água no corpo receptor. Se isto ainda não foi notado em vários rios urbanos do País, foi porque se encontram “mortos”. Apesar da magnitude, aqui demonstrada, de tal problema, a contribuição presumida de águas pluviais adotada nos projetos de rede de esgoto, como um mero acréscimo na vazão na definição de vazão de projeto de ETE, é insignificante: a norma recomenda que se acresça apenas de 2 a 6L/s por quilômetro de rede. Tal estimativa, na realidade, contempla apenas a possibilidade de intrusões de águas subterrâneas no esgoto em valores médios de tempo seco – não as das ligações clandestinas na rede pública ou dentro do âmbito predial em dias com tormentas.

Hoje em dia, não se prevêem tendências de mudanças positivas em relação à possibilidade de redução de infiltrações das águas pluviais, pois cada vez mais a implantação de grandes extensões de rede tem sido realizada em áreas com população de características sócio-econômico-culturais restritas. A maior parte dessa população não tem consciência dos projetos e trabalhos desenvolvidos nos coletores, mas espera que funcione efetivamente e barato, não tolerando esgoto a céu aberto, refluxos para as residências ou lançamentos em córregos ou áreas com risco razoável de contato humano ou degradação ambiental. Tal panorama, portanto, poderia ser amenizado pela aplicação de campanhas públicas de conscientização em massa explorando tais expectativas positivas. O poder público poderia, paralelamente às campanhas, inspecionar redes prediais e conexões à rede pública e, se for o caso, exigir desconexões de tubulações clandestinas. Medidas punitivas administrativas ou fiscais também poderiam ser úteis para tal conscientização.

As obras de ampliação de redes de esgoto são, quase na totalidade, feitas por empreiteiras contratadas pelos municípios ou empresas concessionárias, hoje em dia. A economia atual e a falta de investimentos em obras e serviços básicos tornam o setor extremamente competitivo – levando à prática de preços executivos muito baixos. As obras são, por vezes, executadas de forma arcaica, desde a segurança dos envolvidos até a confecção de fundações, juntas e re-aterro de valas, comprometendo sua qualidade. A preparação de regras adequadas para a realização e a fiscalização dos serviços e o uso de equipamentos e tecnologia apropriados também poderiam minorar a incidência da infiltração de águas pluviais.

O monitoramento contínuo de variações de tempo seco e chuvoso acima citado é discutido na integridade em FERREIRA (2004) e vem somar-se a outros trabalhos nesta área, representando um ganho de informações, tanto qualitativas quanto quantitativas. Identificaram-se lá, em dias secos, comportamentos típicos nas concentrações dos parâmetros de qualidade do esgoto afluente à ETE – tal como na de DQO, que tende a crescer em momentos do dia com maior produção de esgoto. No caso estudado, a relação entre as concentrações de DBO e DQO manteve-se numa faixa próxima de 50% – ligeiramente acima dos valores de literatura – o que permitiria estimar, com certa segurança, valores das oscilações diárias na DBO com base em medidas de DQO, mais simples e rápidas.

A respeito da influência das tormentas na vazão afluente à ETE, esta foi evidenciada na análise acima dos dados obtidos em 15/04/2004, quando houve um transitório de vazão. A vazão máxima obtida neste evento foi cerca de 80L/s – quinze vezes a vazão máxima diária de tempo seco (isto sem considerar como vazão máxima de tempo seco os rápidos picos por acionamento das bombas de recalque da estação elevatória). Isto constitui uma ameaça de consideráveis descargas de volumes não tratados no corpo d'água receptor, devida à limitação de capacidade das estações em geral.



A influência transitória da tormenta sobre a concentração de oxigênio dissolvido e sobre as concentrações das demandas química e bioquímica de oxigênio foi notável. As amplitudes de oscilação atingiram valores da mesma ordem que (ou até superiores a) aqueles observados por FERREIRA (2004) em dias sem tormentas – apesar da diluição pela água da enxurrada, naturalmente mais aerada e com maior capacidade de diluição. Combinados com as perturbações na vazão afluyente (citadas logo acima), podem causar um aumento de carga poluente e perda de capacidade de tratamento na ETE que configura enorme potencial para a perda de qualidade no tratamento.

Ao lado destes problemas, outros foram verificados no local, um dos mais graves sendo o refluxo de esgoto para as residências da região atendida, uma vez que durante e após as tormentas as tubulações chegam a trabalhar como condutos forçados. Para agravar a situação, a estação de tratamento do Riacho Grande está sendo preparada para o tratamento dos esgotos advindos de uma outra área (Parque Estoril). As obras já estão nas suas fases finais. Pode-se prever então que esta estação poderá sofrer dificuldades ainda maiores durante o tratamento, tanto para a população local e quanto para a represa Billings no Riacho Grande.

Mesmo aplicando as medidas preventivas sugeridas, o problema não se irá extinguir. Portanto, é importante realizar campanhas de medição e controle operacional de ETE, bem como re-estudo dos projetos e obras atualmente em execução à luz dos resultados de tais campanhas.

Como uma saída alternativa para que o sistema atualmente utilizado na RMSP enfrente esses problemas, indica-se a implantação de dispositivos que se demonstraram bastante eficazes, como descrito em LESSARD (1989) e REDA (1996). São, principalmente, reservatórios de armazenamento de excesso de afluyente (piscinões), para reter parcialmente o volume de esgoto trazido pela primeira leva da tormenta, a qual acaba carreando a parte da carga de tempo seco aderida às tubulações e deslocada pelas maiores velocidades logo após o início das tormentas.

A modelagem matemática dinâmica das variações transitórias de vazão e qualidade na rede coletora, nas estações de tratamento e no corpo d'água receptor também poderá ser uma ferramenta útil, no futuro, para prever quantitativamente impactos de eventos de infiltração de águas pluviais sobre a qualidade deste (REDA, 1996). Isto, levando-se em conta que parte do problema aqui estudado deverá ser irreversível, obrigando comunidades a com ele conviver e a administrá-lo com ferramentas de engenharia. Portanto, tal tipo de simulação matemática pode servir nas fases de planejamento, projeto e operação das ETE.

As prefeituras também podem atuar de forma importante na manutenção de áreas verdes, que aumentem a permeabilidade e reduzam o escoamento superficial. Com efeito, o aumento do volume de águas pluviais superficialmente drenadas, que posteriormente se irão infiltrar nas tubulações de esgoto e órgãos acessórios, é função da crescente dificuldade das águas pluviais em infiltrar-se no solo. As cidades estão sendo crescentemente privadas de suas áreas verdes, que estão dando lugar a edificações e vias públicas. Quanto menos espaços para alta infiltração tiver a RMSP, maior a faixa da população que irá sofrer com o problema da penetração das águas de tormentas no sistema de tratamento de esgoto.

Finalmente, este estudo demonstra que a pesquisa de graduação em Engenharia, dependendo de seu planejamento e condução, bem como do sucesso em congregar esforços das diferentes áreas envolvidas num problema prático, pode ser bastante eficaz, produzindo resultados úteis à comunidade, de aplicação imediata para o desenvolvimento da ciência e do exercício profissional. No presente caso, a experiência do trabalho de pesquisa, o sentido de emergência durante as campanhas e os diversos contatos – e sucessos – na interação com as várias entidades envolvidas foram marcantes na formação do acadêmico (segundo autor) para o exercício profissional de forma integrada com os diferentes setores do governo, da indústria e da sociedade.

## **Agradecimentos**

O fornecimento de dados e o apoio, em geral, das equipes do DAE-SBC/ETE-Riacho Grande e da SABESP, foram de grande valia para o trabalho e os autores agradecem por isto. Pelo apoio laboratorial, agradecem à equipe de análise de qualidade de esgotos do Grupo RIPASA. À engenheira Gabriela S. L. de Mello, pela discussão de idéias e intermediação com as empresas fornecedoras de dados. À Diretoria da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, pelo apoio para os contatos oficiais com as entidades externas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AZEVEDO NETTO, J. M.; BOTELHO, M. H. C.; GARCIA, M. A evolução dos sistemas de esgotos. **Revista da Engenharia Sanitária**, São Paulo, v.22, n.2, p.226-228, 1983.
- SABESP. **Sistema de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2000. [disponível em: <http://www.sabesp.com.br>, acesso em 23/05/2003]
- FERREIRA, M. P. **O impacto das tormentas nos sistemas de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo**. 2004. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 71p.
- JORDÃO, E. P.; PESSÕA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 720p., 1995.
- KREJCI, V.; MUNZ, W.; GUJER, W. Efficiency of stormwater overflow tanks. In: **URBAN STORMWATER QUALITY AND EFFECTS UPON RECEIVING WATERS**. Wageningen, Holanda: TNO Committee on Hydrological Research, eds. F. H. M. van de Ven e J. C. Hoogarth, n.36, 1986.
- LESSARD, P. **Operational water quality management: control of stormwater discharges**. Tese (Doctor of Philosophy-PhD, Engenharia de Sistemas Ambientais), Imperial College of Science, Technology and Medicine, Universidade de Londres, Londres, 390p., 1989.
- REDA, A. L. de L. **Simulation and control of stormwater impacts on river water quality**. Tese (Doctor of Philosophy-PhD, Engenharia de Sistemas Ambientais), Imperial College of Science, Technology and Medicine, Universidade de Londres, Londres, 512p., 1996.
- TSUTIYA, M. T.; ALEM, Sobrinho, P. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 3.ed., 548p., 1999.
- RODRIGUES, J. M. C.; JORDÃO, E. P. Planning for wastewater treatment in São Paulo. **Journal of the USA Water Pollution Control Federation**. Washington, v.61, n.7, p. 1190-7, 1989.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade de Minas Gerais, 2.ed., 135p., 1996.

## **GRADUATE RESEARCH PROJECT - STORMWATER IMPACTS ON A SMALL-CATCHMENT WASTEWATER FLOW RATE AND QUALITY**

***Abstract:** In terms of professional education, the project major objective was to develop in the graduating student (second author) an environmental view of sanitation. It investigates stormwater intrusions into sewers designed to work as separate and, consequently, into the treatment plant – whose process can be severely disturbed by the resulting increase in influent volume and quality changes. The technical objective is to increase the level of conscience in wastewater system planners, designers, managers, decision makers, governments, legislators and users in what concerns to the – either intentionally illicit or conjectural – practice of conveying building or public-area stormwaters to separate sewer systems, as well as to its consequences; also, to alert for the importance of maintaining the physical integrity of the system. Field data from the treatment plant serving a small catchment in São Bernardo do Campo, São Paulo State, illustrate wastewater flow and quality variations. The potential problems these can bring into the plant are discussed, and expert solutions are suggested, to avoid consequences to the receiving water body – the Billings Reservoir (partially divided for water supply and effluent disposal). This study, effected with the support of municipal and State governments, as well as from the industry (RIPASA), illustrates the importance of the interdisciplinary graduate research project in producing professionals well integrated with the several sectors of society, contributing to science, in general, and turning the vision of sanitation into a more environmental one.*

***Key words:** Environmental sanitation, Transient wastewater variations, Urban drainage, Undergraduate research, Graduate dissertation.*