

II-180 - AVALIAÇÃO DOS CICLOS OPERACIONAIS DE UMA ETE OPERADA COM LODOS ATIVADOS EM BATELADAS SEQUENCIAIS

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 identificar e avaliar os ciclos operacionais de uma ETE operada com lodos ativados em bateladas sequenciais com grande variação da vazão afluyente que ocorre devido à variação populacional, às infiltrações de águas subterrâneas e águas pluviais. Sendo assim, foram estudados os ciclos em três situações distintas: A) na alta temporada com presença das populações fixa e flutuante sem chuvas, B) com apenas a população fixa durante a baixa temporada sem chuvas e C) com excesso de contribuição de águas pluviais na baixa temporada, apenas com a população fixa.

Como resultado principal identificou-se que a vazão afluyente nos períodos de chuva foi em média 06 vezes maior que a vazão da baixa temporada e sem chuvas. Já a vazão média da alta temporada foi cerca de 2,2 vezes maior que a vazão média da baixa temporada com a presença apenas da população fixa e sem chuvas. Este estudo identificou que o sistema de tratamento tem capacidade hidráulica de tratar a vazão máxima registrada nos períodos de chuva após a realização de algumas adequações na ETE. A contribuição *per capita* de esgoto identificada na baixa temporada foi acima dos valores normalmente indicados em bibliografia, fato indicativo de grande infiltração de água subterrânea.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo ativado em bateladas, vazão, águas pluviais, infiltração.

INTRODUÇÃO

O processo de lodos ativados em bateladas sequenciais vem sendo largamente empregado em locais e instalações com grande variação de vazão e matéria orgânica afluyente. No entanto, existem poucos dados operacionais disponíveis sobre o funcionamento destas ETEs. Sendo assim, foi realizada esta pesquisa na ETE Martim de Sá localizada no Município de Caraguatatuba, Litoral Norte do Estado de São Paulo, com objetivo principal de identificar as etapas dos ciclos operacionais das bateladas em função da vazão afluyente. Esta estação opera com determinadas variáveis que afetam diretamente o seu funcionamento, tais como: variação da população local, infiltração de águas subterrâneas e contribuição de águas pluviais, fatores que exigem grande flexibilidade de suas instalações.

A variação da população local ocorre pelo fato de Caraguatatuba ser uma cidade litorânea com grande fluxo de turistas. Comumente, nos finais de semana e durante os meses de férias e verão ocorre o aumento da população flutuante nesta região e conseqüentemente maior contribuição de esgotos sanitários.

Caraguatatuba possui solo tipicamente arenoso, lençol freático a baixa profundidade e baixa declividade nas vias. Estes fatores associados, facilitam o contato da água subterrânea com as unidades de coleta de esgoto, tais como coletores, poços de visitas e estação elevatórias. A água subterrânea, ao deparar-se com defeitos destas unidades, infiltra-se no sistema de coleta de esgotos e segue até alcançar a Estação de Tratamento.

Nesta região o índice pluviométrico é bastante elevado e muitos domicílios têm as redes de águas de chuvas conectadas aos coletores de esgotos. Além disso, alguns bairros estão localizados em região com grande depressão topográfica e drenagem urbana praticamente inexistente. Estes fatores, fazem com que, nos períodos de chuvas, grandes volumes de águas pluviais cheguem na estação de tratamento.

As unidades, atualmente implantadas na ETE Martim de Sá, que efetuam o tratamento da fase líquida da ETE são gradeamento, caixa de areia, 04 reatores biológicos e tanque de contato. O lodo é adensado em

adensadores por gravidade, desaguado em centrífuga, e a torta gerada é encaminhada para aterro sanitário. Em 2009, a bacia de esgotamento sanitário da ETE Martim de Sá contava com aproximadamente 46km de redes coletoras.

METODOLOGIA

Assim, para identificar o funcionamento da estação sob estas variáveis, foi medida a vazão afluente e analisada as bateladas nas seguintes condições:

A) num feriado de ano novo (dias 30 e 31/12/2008), data com aumento significativo da população local, sem chuvas;

B) na baixa temporada (dias 13 e 14/06/2009) com a presença apenas da população fixa e sem chuvas.

C) com excesso de vazão afluente devido à alta contribuição de águas pluviais, sendo que as medições neste cenário ocorreram em dias distintos na baixa temporada com a presença da população fixa.

Nas condições A e B, a identificação dos ciclos das bateladas foi realizada por meio da anotação de cada fase do ciclo e sua respectiva duração. Para a condição C não houve a identificação dos ciclos, já que estes são perdidos durante o excesso de contribuição de águas pluviais. A medição de vazão ocorreu de duas formas: para as condições A e B dividiu-se o volume disponível para enchimento pelo respectivo tempo de enchimento e na condição C, a medição de vazão ocorreu diretamente na calha parshall.

Para a condição B, com a presença apenas da população fixa, foi realizada a contagem da população fixa dos setores censitários do censo 2010 (IBGE, 2010) que é atendida pela ETE Martim de Sá, e calculada a contribuição *per capita* de esgotos sanitários. Também, para este cenário, foi determinada a taxa de infiltração de água subterrânea considerando que 10% da contribuição noturna de esgoto afluente à ETE correspondem a esgoto sanitário, e o restante à infiltração de água subterrânea, conforme estudo realizado por HANAI & CAMPOS (1997).

As vazões utilizadas no projeto da estação estão indicadas na Tabela 01. O gradeamento e a caixa de areia foram dimensionados para a vazão máxima de 230 L/s. Os reatores biológicos foram dimensionados para atender a vazão afluente do dia de maior contribuição, ou seja, 164,31 L/s. Para atender esta vazão foi considerada a implantação de 08 reatores, sendo que 04 tanques deveriam ser implantados imediatamente, 02 reatores implantados até o ano 2010 e os outros dois até o final de plano, ou seja, de acordo com o projeto, neste momento deveriam estar em operação 06 reatores biológicos. Segundo a norma NBR 12.209 (1992), no dimensionamento dos reatores biológicos deve ser utilizada a vazão média. O tanque de contato foi dimensionado para atender ao descarte simultâneo de 02 tanques. A vazão projetada para o descarte de efluente tratado de cada tanque foi 118,3 L/s.

Para o final de plano está prevista a ocorrência diária de 03 ciclos de 04 horas e 02 ciclos de 06 horas. As etapas e durações dos ciclos estão indicadas na Tabela 02.

Tabela 01 – Parâmetros utilizados no projeto

Parâmetro	1996 - Início do plano		2010 - Final 1ª etapa		2020 - Final de plano	
	População fixa	Pico de verão	População fixa	Pico de verão	População fixa	Pico de verão
População (hab)	7.290	27.540	10.250	41.620	13.230	56.520
Vazão média (L/s)	33,12	-	46,95	-	60,82	-
Vazão dia maior contribuição (L/s)	36,87	82,05	52,23	122,24	67,63	164,31
Vazão máxima (L/s)	230	230	230	230	230	230

Tabela 02 – Etapas de projeto dos ciclos operacionais

Etapa do ciclo	Duração (min)	
	Ciclo de 04 horas	Ciclo de 06 horas
Alimentação com aeração	60	90
Reação sem alimentação	80	170
Decantação	40	40
Descarte do efluente	50	50
Descarte do excesso de lodo	10	10
Tempo total de ciclo	240	360

RESULTADOS

Nos dias 30 e 31/12/2008, vésperas do feriado de ano novo, data representativa da alta temporada com a presença da população flutuante, foram contabilizadas a ocorrência de 21 ciclos com as seguintes fases: alimentação com aeração, decantação, descarte de efluente tratado e espera. O monitoramento foi iniciado às 23h do dia 29 e terminou por volta das 20h do dia 31/12/2008, sendo que 03 ciclos terminaram após o período de monitoramento.

Foi possível identificar que a vazão apresenta comportamento cíclico: diminui durante a madrugada e à tarde, aumenta no período da manhã até a hora do almoço e nas proximidades do horário de jantar. Neste período de observação estavam em operação contínua apenas 03 reatores. O reator de número 03 contava com a operação de apenas 01 aerador, sendo que os outros dois aeradores estavam em manutenção. O tanque 03 entrou em operação apenas nos períodos críticos de aumento de vazão. A Figura 01 indica as vazões de esgoto afluente e de descarte de efluente tratado. A Figura 02 ilustra a duração das etapas do ciclo.

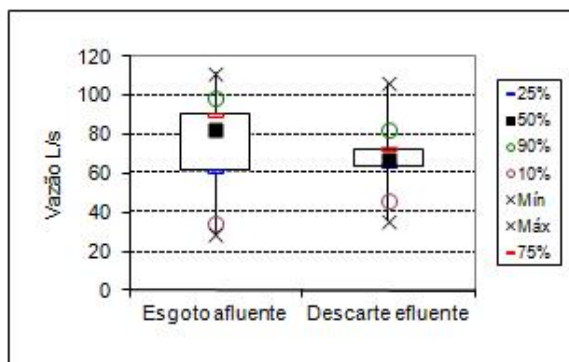


Figura 01 – Vazões nos dias 30 e 31/12/2008

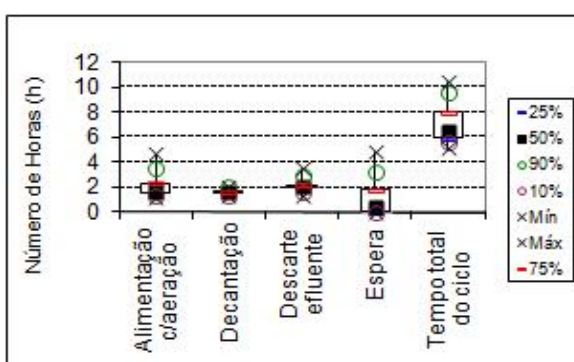


Figura 02 – Duração das etapas do ciclo nos dias 30 e 31/12/08

A vazão média afluente foi de 74L/s, com o pico de 112L/s. A vazão mediana foi 83L/s, que é praticamente a vazão de projeto de pico de verão do início do plano (1996), ou seja, 50% das vazões afluentes medidas ficaram acima deste valor. No entanto, a vazão máxima registrada não alcançou o valor de 122,24L/s que é a vazão de meio de plano (2010).

Nesta pesquisa foi identificado que não ocorre a etapa de reação sem alimentação em qualquer condição de monitoramento. A equipe operacional considera desnecessária esta etapa, já que a reação, ocorrendo apenas no período de alimentação, é suficiente para tratar o esgoto. O tempo de decantação médio foi de 01h e 40 minutos, maior que o tempo proposto em projeto. Segundo relatos da equipe operacional, se o tempo de sedimentação dos sólidos no reator for menor que 1h e 20 minutos poderá ocorrer o descarte de lodo junto com o efluente tratado.

Na Figura 02 observa-se que o descarte de efluente dura em média 02 horas, o que resulta numa vazão média de descarte de 72L/s. Outro fator identificado é que não é possível aumentar a vazão de descarte do efluente tratado, porque existe uma limitação na saída de líquido causada pelo pequeno diâmetro da tubulação de saída

da canaleta de descarte, que é de 300mm. Os valores registrados maiores que 72 L/s, provavelmente, não estão corretos. Para a condição atual, não é possível descartar simultaneamente o efluente tratado de dois tanques. A espera não ocorreu nos momentos com maior vazão, e durante a madrugada os períodos de espera tiveram maior duração. O tempo total do ciclo durou em média 07 horas.

Nos dias 13 e 14/06/2009, que são considerados típicos da baixa temporada com a presença apenas da população fixa, ocorreram 11 ciclos, sendo que apenas 07 tiveram todas as etapas concluídas nesta pesquisa. O início do monitoramento foi às 23h40min do dia 12 e o término foi às 23h do dia 14.

Nesta condição foi identificado o comportamento cíclico semelhante ao período da alta temporada, porém de forma menos acentuada. A vazão diminui no período noturno e aumenta durante o dia. A Figura 03 ilustra a variação de vazão e a Figura 04 a duração das etapas do ciclo.

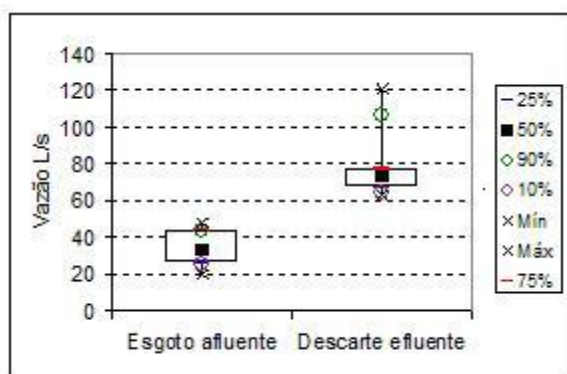


Figura 03 – Vazões nos dias 13 e 14/06/09

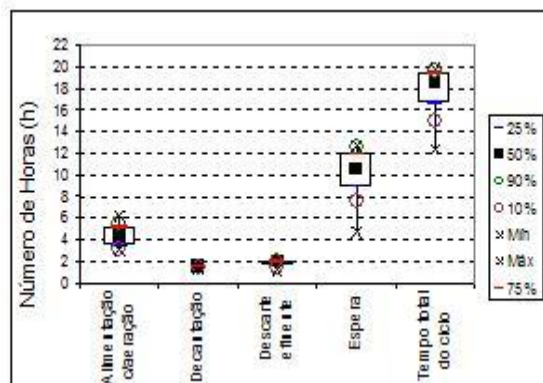


Figura 04 – Duração das etapas do ciclo nos dias 13 e 14/06/09

A vazão média afluente foi de 34 L/s, ou seja, praticamente o valor médio de projeto para o início do plano. Em comparação à alta temporada, a vazão média neste período foi, praticamente, metade da vazão da alta temporada.

A população fixa atendida por este sistema é de 10.062 habitantes, de acordo com os dados levantados dos setores censitários do censo de 2010, realizado pelo IBGE. Considerando a vazão média diária de 34L/s, a contribuição *per capita* de esgotos sanitários é de 292 L/habitante x dia. Outras medições realizadas no Estado de São Paulo indicaram contribuições de 74 a 207 L/habitante x dia (ALEM SOBRINHO, 2004).

Dois ciclos, sendo um em cada dia, ocorreram durante a madrugada e as vazões médias afluente foram, respectivamente, 26 e 20 L/s. Considerando que a vazão de esgotos sanitários neste período foi de apenas 10% e que o restante foi infiltração de água subterrânea, a taxa de contribuição de infiltração foi de 0,51 e 0,39 L/s.km, respectivamente.

A decantação durou entre 1h20min e 1h30min. O descarte durou em média 1h50min. As vazões de descarte de 106 e 121 L/s provavelmente não estão corretas. Desconsiderando estes valores, a vazão média de descarte foi de 70 L/s.

Neste monitoramento ocorreu o descarte de lodo do Tanque 01. A fase de espera durou longos períodos, sendo o tempo médio de 10h. Nesta fase, normalmente os aeradores permanecem ligados para evitar a condição anaeróbia dos tanques e evitar a geração de odores. O tempo médio total do ciclo foi de 18 horas.

Na condição de excesso de vazão afluente devido à grande contribuição de águas pluviais, foram realizadas sete medições de vazão em dias distintos e os valores variaram de 180 a 220 L/s. Nesta condição, os ciclos são perdidos devido à dificuldade de descartar o efluente tratado. Normalmente a vazão afluente é enviada para todos os tanques que possuem volume disponível para enchimento e o descarte é realizado aos poucos já que a vazão de descarte é limitada à cerca de 72L/s.

CONCLUSÃO

Para as três condições estudadas foi identificado um fator limitante para o funcionamento adequado dos ciclos, que é o descarte de efluente tratado. Se a capacidade de descarte for aumentada, é possível, em termos hidráulicos, manter os ciclos normalmente utilizados pela estação para tratar a vazão de 220L/s. A Figura 05 ilustra uma proposta de ciclos com a vazão de 220L/s, que foi o valor identificado na condição de chuva forte.

Nesta proposta o tempo de alimentação e descarte será de 40 minutos cada. O tempo disponível para decantação será de 01h20minutos, conforme recomendação da equipe operacional. Para esta condição é necessário verificar se o tempo de alimentação com aeração será suficiente para que ocorram as reações para o tratamento do esgoto, e se a alta velocidade de descarte de efluente tratado irá arrastar o lodo decantado.

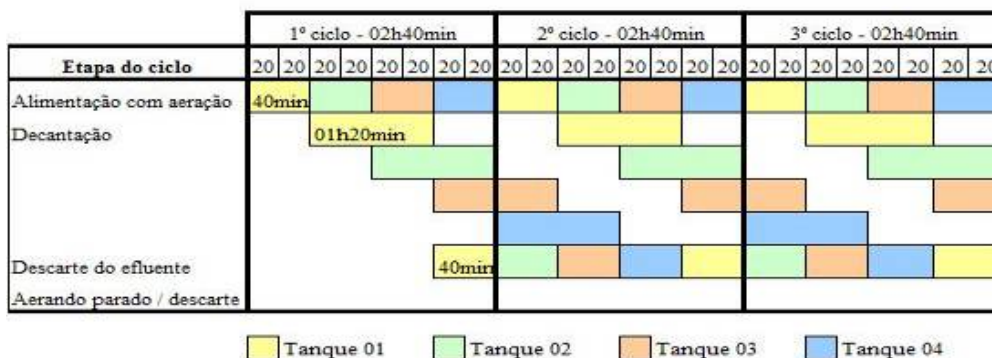


Figura 05– Ciclos propostos para tratar a vazão de 220L/s

O monitoramento realizado na baixa temporada indicou a presença de grande infiltração de água subterrânea. Tal fato ocorre em todas as condições analisadas, já que isto é originário provavelmente de falhas construtivas das unidades coletoras de esgotos e da utilização de materiais de baixa qualidade. As origens destas falhas devem ser investigadas.

Para se evitar o excesso de vazão afluente devido às chuvas deve-se realizar um trabalho de identificação e desativação de ligações de águas pluviais conectadas às redes de esgotos, concomitantemente com a implantação de um sistema de drenagem urbana eficiente. Outra estratégia a ser avaliada é desviar parte deste excesso de vazão para o ambiente, antes de chegar à estação, já que grande parcela deste efluente é água de chuva.

Assim, conclui-se que de acordo com o monitoramento realizado e condições identificadas, é possível tratar, em termos hidráulicos, as vazões afluentes sem a necessidade de se aumentar ou construir novas unidades da ETE. A necessidade identificada é de apenas aumentar a capacidade de descarte de efluente tratado dos reatores biológicos para o tanque de contato.

Recomenda-se que seja avaliada a concentração de matéria orgânica afluente e efluente para se analisar o desempenho dos ciclos operacionais quanto à remoção de poluentes do esgoto sanitário para o ciclo proposto com a vazão de 220L/s.

Com os resultados identificados pode-se interpretar que a flexibilidade do processo de lodos ativados em bateladas sequenciais, especificamente da ETE Martim de Sá, é obtida por meio de um sistema com grandes dimensões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEM SOBRINHO, P. Tratamento de esgoto – concepções básicas, geração de lodo, consumo de energia e custos de implantação. São Paulo, 2004.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

3. HANAI, F. Y., CAMPOS, J. R. Avaliação da infiltração na rede coletora de esgotos na bacia do Ribeirão do Ouro da Cidade de Araraquara – SP. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES. Foz do Iguaçu. 1997. p 581-594.
4. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 12/10/2011.