

O USO DO MODELO QUAL2K COMO SUBSÍDIO À SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE SÃO SIMÃO-SP

*Julio César de Souza Inácio Gonçalves**

*André Luis Bigaram Dibiasi***

*Antonio Donizetti Gonçalves de Souza****

*Giovanni Chaves Penner*****

RESUMO

O objetivo fundamental deste estudo foi simular a qualidade da água do córrego São Simão, para diferentes cenários, por meio do uso do modelo QUAL2K, visando subsidiar a análise técnico-econômica e ambiental de possíveis alternativas empregadas no sistema de tratamento de esgotos do município. As alternativas foram analisadas por meio de uma matriz de interação desenvolvida ineditamente, constituída por critérios de avaliação e seus pesos, sendo estes vinculados essencialmente à realidade do local. Depois do modelo calibrado foram realizadas simulações de diferentes cenários, que demonstraram a necessidade da implantação de alternativas que atinjam no mínimo 75% de eficiência, de modo a atender à legislação vigente. Por fim, concluiu-se que o sistema UASB de tratamento foi o mais adequado para a realidade do município.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem matemática; Qualidade da água; Modelo QUAL2K; Seleção de alternativas; Tratamento de esgotos.

1 INTRODUÇÃO

O setor de saneamento básico no Brasil ainda apresenta elevado déficit, particularmente no que se refere ao tratamento dos esgotos sanitários gerados

*Engenheiro Ambiental, doutorando em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP.

Endereço: Av. trabalhador São-carlense – Centro, CEP 13.566-590 – Caixa Postal 359, São Carlos, SP – Tel: (16) 9198-1216, e-mail: julioshs@sc.usp.br.

**Engenheiro Ambiental pela Unicoc.

***Biólogo, doutor em Ecologia e Recursos Naturais UFSCar, professor-doutor Unifal.

****Engenheiro Sanitarista, doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP.

pelos mais de 5.561 municípios. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2003), o atendimento urbano com coleta de esgotos é muito precário. O índice médio nacional para todo o conjunto do Diagnóstico 2007 é de apenas 42%. Em relação ao tratamento dos esgotos, os resultados são ainda mais preocupantes. Tomando-se por referência o índice de tratamento dos esgotos gerados, a média nacional de todo o conjunto do Diagnóstico 2007 é de apenas 32,5%.

Ressalta-se ainda que, dentro da parcela dos municípios que tratam seus esgotos, muitos ainda apresentam deficiências operacionais e de cobertura que redundam em baixas eficiências, incidência de impactos negativos e descrédito da população, que poderiam ser evitados com uma melhor localização e tecnologia adequada.

Para racionalizar o uso dos escassos recursos para as obras de saneamento, torna-se imperativo o levantamento da capacidade complementar do corpo hídrico receptor em assimilar a carga poluente remanescente dos sistemas de tratamento, em consonância com a compatibilidade de qualidade aos usos prioritários dessas águas e em atendimento aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente. Essa visão realista se justifica pela carência de recursos, em que o curso d'água é utilizado como complementação dos processos que ocorrem no tratamento de esgotos, ampliando as opções tecnológicas de tratamento quanto melhor for a qualidade do corpo receptor. Este é o caso da cidade de São Simão (SP), que se encontra inserida na microbacia do córrego São Simão. O seu baixo orçamento aliado à carência de linhas de financiamento, elevados custos das obras de saneamento básico e falta de vontade política são apontados como as causas do enorme déficit sanitário em que se encontra a cidade.

Com o intuito de otimizar os recursos destinados às obras de saneamento, e seguindo na linha ambiental, o presente trabalho utilizou o modelo matemático de simulação da qualidade da água – QUAL2K, versão 2.04, distribuído pela U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency) – como instrumento para auxiliar na tomada de decisão tanto na prevenção como na correção da degradação do córrego São Simão. Adicionalmente, o estudo contemplou o nível de tratamento requerido, custos de implantação e operação, demandas de área, gerenciamento dos resíduos sólidos gerados na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), receptividade da população atendida, complexidades construtiva e operacional, demanda de mão-de-obra e impactos ambientais como os principais fatores considerados na seleção de alternativas de tratamento. Como as ponderações desses fatores dependem da realidade local, a caracterização ambiental apresenta-se como o melhor instrumento para levantamento e valoração dos fatores intervenientes, propiciando maior confiabilidade no processo de decisão.

O presente trabalho apresenta os resultados originais de uma caracterização ambiental da microbacia do Córrego São Simão, assim como os resultados do estudo

de autodepuração. Ambos foram utilizados para subsidiar a decisão da tecnologia do sistema de tratamento a ser adotada, pela ponderação e valoração de uma matriz de fatores intervenientes específica para este estudo de caso.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização geral da área de estudo

O município está localizado no nordeste do Estado de São Paulo, especificamente na área conhecida como Alta Mogiana, e faz parte da região administrativa de Ribeirão Preto. Possui cerca de 629 km² e tem como limites: ao norte, o município de Serra Azul; a leste, o município de Santa Rosa de Viterbo; ao sul, Santa Rita do Passa Quatro; e a oeste, Luis Antonio. O município de São Simão tem uma população aproximada de 14.400 habitantes (SEADE, 2004). A microbacia do córrego São Simão está totalmente inserida no município, apresentando uma área de 52,8 km².

2.2 Alcance do projeto

De acordo com Von Sperling (1996a), o período de projeto de uma estação de tratamento de esgoto deve ser relativamente curto, preferencialmente inferior a 20 anos. Portanto, considerou-se um período de 20 anos, sendo 2003 o primeiro ano e 2023 o último ano de operação do sistema. A estimativa da evolução populacional na área atendida pela estação de tratamento foi baseada em dados demográficos obtidos junto ao Seade (2003) (ver Tabela 1). A previsão da população futura foi estabelecida por meio de uma equação matemática, cujos parâmetros são obtidos a partir de vários métodos matemáticos conhecidos, como: método aritmético, geométrico, curva logística. Realizou-se a previsão populacional para os três métodos e observou-se que a atingida pelo método geométrico foi a que mais se aproximou das estimativas do Comitê da Bacia Hidrográfica do Pardo – IPT (1999). Por conseguinte, foi o método escolhido para realizar-se a previsão da população. Destaca-se que a população estimada se refere à população total do município. Para a determinação da população urbana multiplicou-se este valor pela taxa de urbanização do município, que segundo o IPT (1999) se encontra em 90,08%.

Tabela 1. Dados demográficos obtidos junto ao Seade (2003) para o cálculo da população futura.

Ano	População (hab.)
1983	11020
1993	12238
2003	14210

2.3 Simulação da qualidade da água – calibração do modelo

Dentre as variáveis disponíveis para simulação pelo QUAL2K, optou-se pelo oxigênio dissolvido (OD) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Adicionalmente, nas simulações, consideraram-se a temperatura constante e o escoamento da água em regime permanente.

O QUAL2K é um modelo adequado para simular as condições hidrológicas e de qualidade da água de pequenos rios. É um modelo unidimensional, ou seja, a concentração do material em estudo é homogênea em uma mesma seção transversal.

2.3.1 Segmentação do modelo

Adotou-se um segmento fluvial de 15,8 km. Os 9,9 km iniciais compreendem desde a entrada do córrego São Simão na área urbana até sua foz, no ribeirão Tamanduá. Os 5,9 km restantes compreendem o trecho simulado no ribeirão Tamanduá para determinar o grau de tratamento e avaliar os possíveis efeitos da instalação da futura ETE do município, que lançará os efluentes tratados no córrego São Simão, aproximadamente a 1000 m de sua confluência com o ribeirão Tamanduá. A distância é insuficiente para que ocorra degradação completa da matéria orgânica e, conseqüentemente, depleção do oxigênio dissolvido. Portanto, foi necessário prolongar a distância a ser simulada para determinar a eficiência de tratamento necessária para o atendimento da legislação vigente, tanto para o córrego São Simão como para o ribeirão Tamanduá.

O segmento selecionado foi dividido em oito trechos em função das características do escoamento, da localização das fontes poluidoras e dos pontos de monitoramento. Na Figura 1, é apresentado o percurso simulado, com a disposição dos pontos de amostragem, das fontes poluidoras (domésticas e industriais), da futura ETE e da segmentação em trechos.

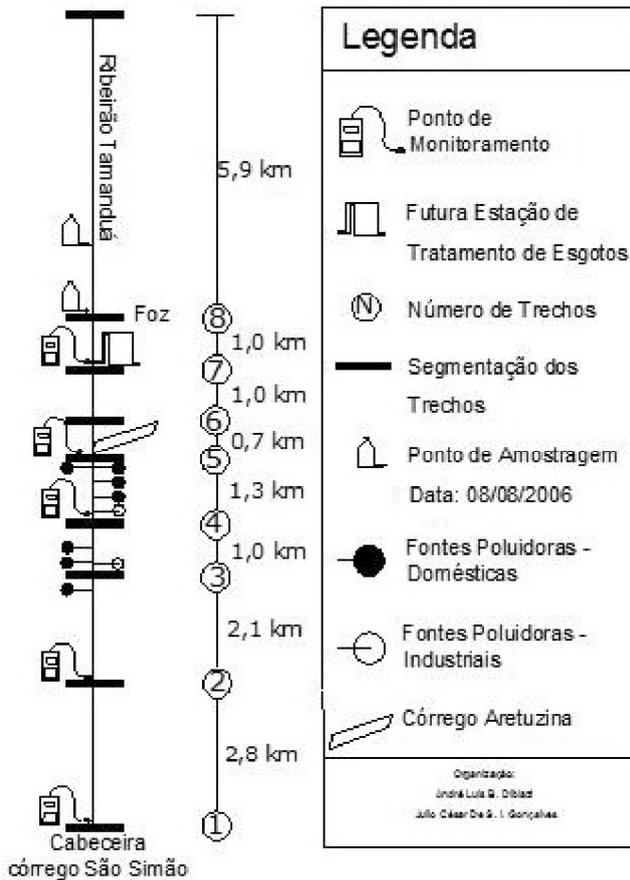


Figura 1. Diagrama unifilar dos trechos simulados.

2.3.2 Vazão do córrego

Para calibração do modelo foi utilizada a vazão média ($Q_{\text{méd}}$). Já para estimar a descarga máxima permitível, é necessário conhecer a vazão mínima ou de estiagem, que corresponde às condições críticas do corpo receptor de esgoto. Portanto, a vazão $Q_{7,10}$ – menor vazão durante sete dias com período de recorrência de dez anos – foi considerada para simulação dos diferentes níveis de tratamento de esgotos. As vazões ($Q_{\text{méd}}$ e $Q_{7,10}$) foram calculadas utilizando o programa Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH. O programa é disponibilizado gratuitamente pelo Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) do Estado de São Paulo, no website: <http://www.sigrh.sp.gov.br>. Para o cálculo da vazão é necessário fornecer ao programa as coordenadas geográficas do ponto onde se deseja determinar a vazão, além da área drenada e a longitude do meridiano

central. A microbacia do córrego São Simão foi dividida em quatro áreas de drenagem. 1-) Área de drenagem da região das fontes poluidoras: vazão de cabeceira, compreendendo os trechos 1, 2, 3 e 4. 2-) Área de drenagem do córrego Aretuzina: vazão adiciona como fonte pontual com DBO_5 de 1 mg/L e OD de 6 mg/L. 3-) Área de drenagem da região da futura ETE: vazão adicionada como fonte distribuída. Admitiu-se a hipótese adotada por Gastaldini (1982) de que estes escoamentos distribuídos teriam boa qualidade sanitária (OD de 6,6mg/L e DBO_5 potencial de 4mg/L). 4-) Área de drenagem do ribeirão Tamanduá: vazão adicionada como fonte pontual com DBO_5 de 1mg/L e OD de 6,6 mg/L. Na Figura 2, são apresentadas as áreas de drenagem para o cálculo da vazão.

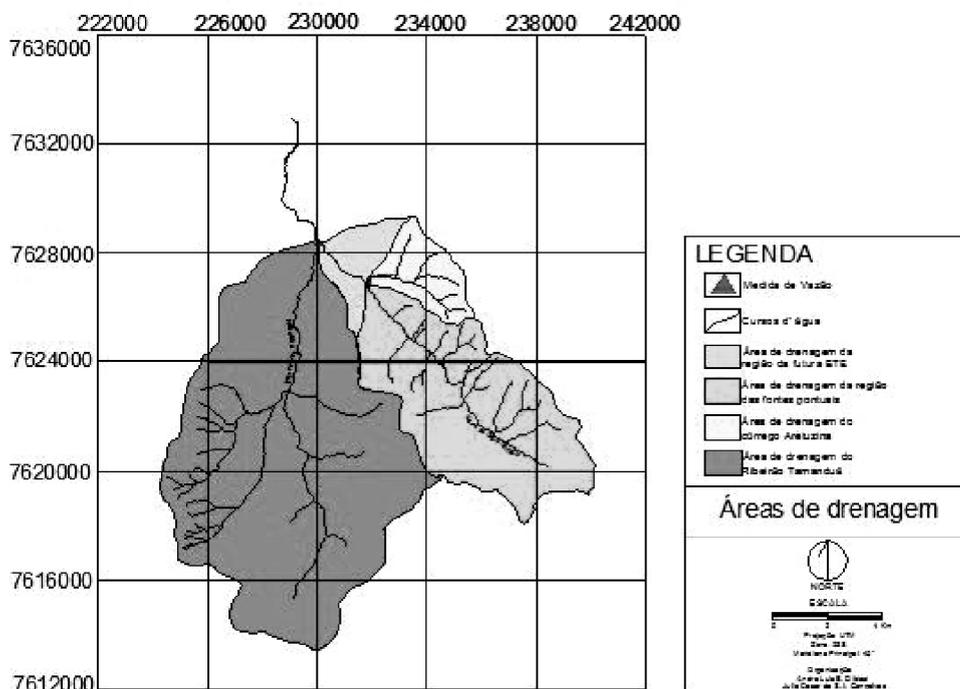


Figura 2. Representação das áreas de drenagem utilizadas no cálculo da vazão.

2.3.3 Características hidráulicas

Para a construção do gráfico da Figura 3, utilizaram-se as cartas topográficas, já digitalizadas, de Cravinhos e Luiz Antônio, escala 1:50.000 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 1972-1977). Com o auxílio do software AutoCAD Map mediram-se os comprimentos entre as curvas de nível. Com o valor das curvas de nível e da distância entre elas foi obtida a declividade média de cada trecho, empregando a seguinte Equação 1:

$$S_0 = \frac{\Delta H}{L_i} \quad (1)$$

em que:

S_0 = declividade de um trecho [m/m];

L_i = comprimento entre curvas de nível consecutivas [m];

ΔH = diferença entre as altitudes das curvas de nível consecutiva [m].

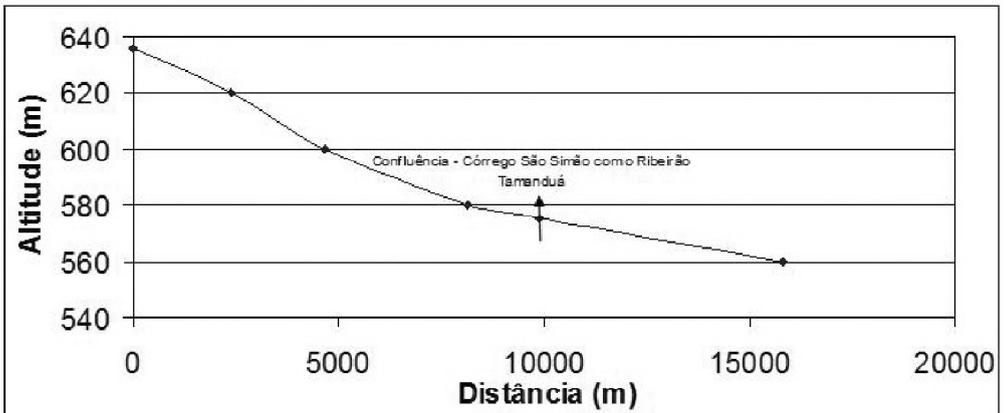


Figura 3. Perfil Longitudinal do Segmento Simulado.

As características hidráulicas, como profundidade e velocidade, foram calculadas pelo modelo por meio da equação de Manning. Vale lembrar que o canal foi idealizado como sendo retangular e sob condições de vazão permanente.

2.3.4 Parâmetros do modelo

As formulações matemáticas, usadas pelo modelo para quantificar o consumo e a produção de massa e energia térmica das variáveis de qualidade de água, contêm parâmetros que refletem as propriedades e a composição do sistema modelado. Esses parâmetros podem ser constantes globais (não variam com o perfil longitudinal do rio), variáveis com o espaço e dependentes da temperatura. A descrição detalhada desses parâmetros e associações com processos atuantes pode ser obtida no manual do usuário do QUAL2K. Os parâmetros usados para a simulação das variáveis DBO e OD, no presente trabalho, sob condições de vazão média e $Q_{7,10}$, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros usados pelo modelo para simulação da variável OD e DBO.

Parâmetros	Valor	Símbolo
Estequiometria:		
Carbono	40	gC
Nitrogênio	7,2	gN
Fósforo	1	gP
Peso seco	100	gD
Clorofila	1	gA
Oxigênio:		
Modelo de reaeração	O'Connor-Dobbins	
Temperatura de correção	1,024	Θ_a
Efeito do vento na reaeração	Nenhum	
Consumo de O ₂ pela oxidação carbonácea	2,69	I_{oc}
Modelo de inibição de O ₂ para oxidação da DBO	Exponencial	K_{socf}
Parâmetro de inibição de O ₂ para oxidação da DBO	0,60	
DBO rápida:		
Taxa de oxidação	10	K_{dc}
Temperatura de correção	1,047	Θ_{dc}

2.3.5 Condições de contorno e dados para calibração

Para a caracterização das condições de contorno do córrego São Simão e para a calibração do modelo utilizaram-se os dados de monitoramento realizados no período de Março/2005 a Março/2006. Para a caracterização das condições de contorno e a calibração do ribeirão Tamanduá realizou-se uma campanha de amostragem no dia 08/08/2006, medindo os níveis de OD, DBO e temperatura da água. As concentrações de OD e a temperatura da água foram determinadas *in situ*. As concentrações de DBO foram determinadas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – Cetesb. Vale salientar que a coleta das amostras para determinar a DBO no córrego São Simão também foi realizada no dia 08/08/2006, já que durante o monitoramento do córrego São Simão não se realizaram medições de DBO.

2.4 Estimativa da descarga máxima permitida e avaliação de alternativas para o tratamento de esgotos

O efluente da futura Estação de Tratamento de Esgoto do município de São Simão será lançado no trecho 7, a 1000 m da confluência do córrego São Simão com o ribeirão Tamanduá. Todos os sete pontos de lançamento de esgotos domésticos mais os dois pontos de lançamentos industriais, que eram lançados no córrego São Simão *in natura*, passaram a ser lançados nesse único trecho. Com essa nova configuração de fontes pontuais, que se visualiza na Figura 4, se realizaram diferentes simulações com diferentes níveis de tratamento.

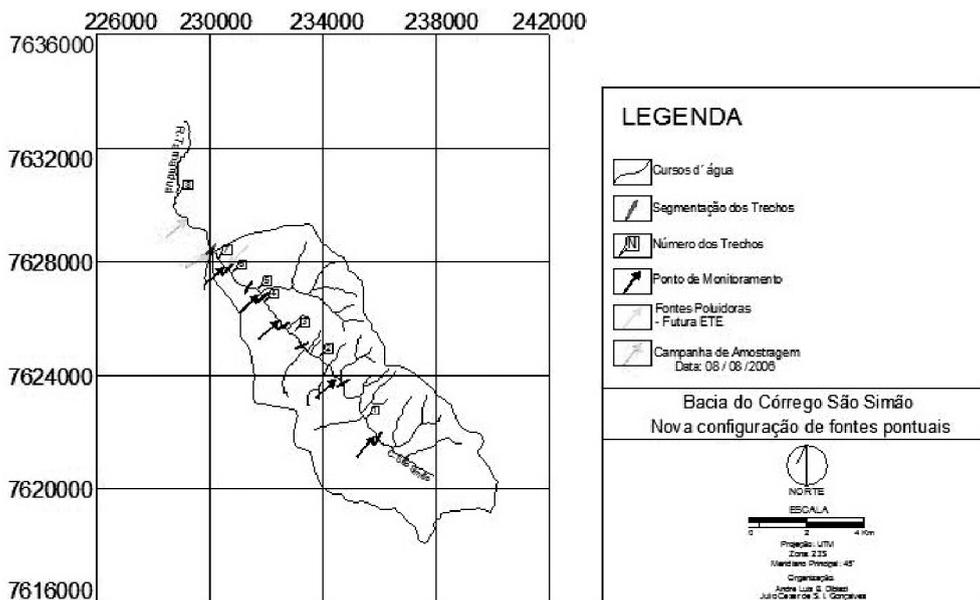


Figura 4. Representação dos trechos simulados com nova configuração das fontes pontuais.

2.5 Alternativas estudadas

A escolha das alternativas a serem estudadas baseou-se, principalmente, nos custos de implantação, operação e eficiência atingida. São elas: Sistema Australiano (Lagoa anaeróbia seguida por Lagoa Facultativa); Lagoa Facultativa; Lagoas Facultativas Aeradas; Lagoas de Mistura Completa – Lagoa de Decantação e UASB (Reator de Manta de Lodo).

2.6 Estudo técnico e econômico

O estudo técnico e econômico teve como objetivo principal a obtenção de informações básicas que puderam subsidiar a comparação técnico-econômica das alternativas. Para tanto, realizou-se o pré-dimensionamento dos sistemas de tratamento, o que possibilitou o conhecimento das dimensões principais das unidades, da área ocupada, do volume, da eficiência, dos equipamentos utilizados e da energia a ser consumida. O pré-dimensionamento das lagoas de estabilização e UASB foram baseados em Von Sperling (1996b) e Chernicharo (1997), respectivamente.

Os custos estimados para as estações de tratamento foram calculados de acordo com Von Sperling (2005). Os custos adicionais do sistema – remoção de sólidos grosseiros, interceptores e estação elevatória – foram obtidos em levantamentos realizados na prefeitura municipal por meio de projetos existentes.

2.7 Avaliação das alternativas

Para analisar a melhor alternativa, criou-se uma matriz em que foram estabelecidos pesos para cada critério de avaliação, com o subsídio de informações obtidas junto ao diagnóstico ambiental produzido por Gonçalves *et al.* (2005) – avaliação da qualidade da água e análise de eficiência requerida para o tratamento. Foram dadas notas para os critérios de cada alternativa, baseadas em suas características técnicas, econômicas e ambientais. O valor total de cada alternativa foi determinado multiplicando-se o valor do peso pela nota atribuída aos critérios. Quanto maior o valor final de cada alternativa, menos adequada ela é para o município.

3 RESULTADOS

3.1 Fontes poluidoras

As cargas orgânicas de origem doméstica do município não sofrem nenhum tipo de tratamento, fazendo com que a carga poluidora potencial de 696 kgDBO/dia seja igual à carga remanescente.

Com relação às cargas orgânicas de origem industrial, a microbacia do córrego São Simão recebe efluentes de duas empresas: Novo Século Confecções-Ltda. e Irmão Miranda Lavanderia e Acabamentos-Ltda., que exploram a atividade de lavanderia/estonagem de peças do vestuário, basicamente calças e jaquetas jeans. Essas empresas possuem tratamento físico-químico de seus efluentes, reduzindo a concentração em termos de DBO de 900 mg/l para 150 mg/l, lançando no córrego São Simão uma carga de 90 kgDBO₅/dia.

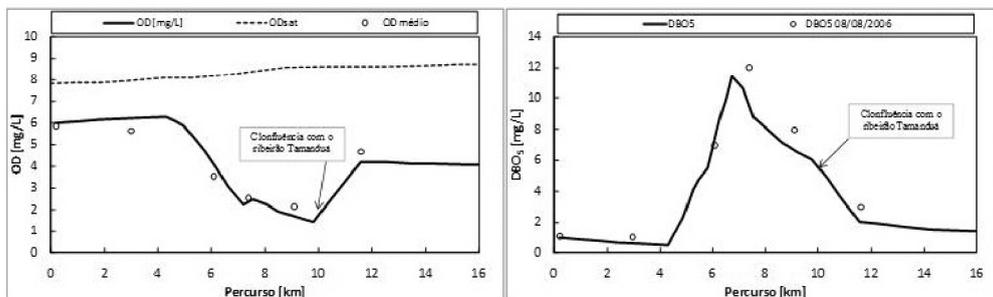
3.2 Modelagem matemática como subsídio à avaliação de alternativas ao tratamento de esgotos

3.2.1 Calibração do modelo

Os resultados da calibração para as variáveis OD e DBO₅ são apresentados na Figura 5. A análise dos resultados da calibração mostra que o oxigênio dissolvido e a DBO₅ estão bem ajustados aos dados medidos. Tal conclusão decorre da boa aderência do modelo aos valores observados. A partir do perfil longitudinal de oxigênio dissolvido é possível observar que, após o primeiro ponto de lançamento de esgotos – quilômetro 4,7 –, a concentração de oxigênio dissolvido começa a decair, recuperando-se após a confluência com o ribeirão Tamanduá, o qual apresenta uma concentração de 6,6 mg/L de OD. Com relação ao perfil longitudinal de DBO₅, observa-se que o pico de matéria orgânica ocorre após o último ponto de lançamento de esgotos – quilômetro 6,8. Isso se deve, principalmente, ao fato de que os lançamentos de esgotos – domésticos e industriais – estão localizados próximos um do outro, não havendo tempo para que ocorra a degradação da matéria orgânica

entre os lançamentos. Por isso, a concentração de DBO_5 se eleva até o ponto do último despejo orgânico. Vale salientar que o coeficiente de desoxigenação foi o principal parâmetro utilizado na calibração do modelo.

Figura 5. Perfil longitudinal de OD e DBO_5 ao longo do segmento simulado.



3.2.2 Estimativa da descarga máxima permitida

Na Tabela 3 são apresentadas as principais características dos sistemas de tratamento de esgotos para a cidade de São Simão (SP). Ressalta-se que foi considerada apenas uma etapa de implantação. Os custos adicionais não foram acrescentados no custo de implantação dos sistemas, como remoção de sólidos grosseiros (aproximadamente US\$ 3.825,00), interceptores (aproximadamente US\$ 311.475,00) e estação elevatória (aproximadamente US\$ 90.164,00).

Tabela 3. Principais características dos sistemas de tratamento.

No Estado de São Paulo, os rios são classificados conforme a sua qualidade

Sistema	Demanda de Área (m ²)	Potência Requerida (W)	Eficiência na Remoção de DBO (%)	Custo de Implantação (US\$)	Custo de Operação (US\$/hab.ano)
Lagoa Facultativa	54.653	0	79	386.164 – 772.328	1,093 – 2,186
Sistema Australiano	23.429	0	77	289.617 – 724.044	1,093 – 2,186
Lagoa Aerada Facultativa	9.005	31.000	75	482.705 – 868.852	2,732 – 4,918
Lagoa AMC -Lagoa de Decantação	6.556	35.800	83	482.814 – 868.852	2,732 – 4,918
UASB	263	0	75	289.617 – 482.814	1,366 – 1,882

*Cotação do dólar (em R\$) em 2 de fevereiro de 2010 é de 1,83.

pelo Decreto n.º 10.755/77, que dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água receptores na classificação prevista pelo Decreto n.º 8.468/76. (US\$/hab.ano)

O córrego São Simão foi enquadrado na classe 4 até a confluência com o

ribeirão Tamanduá. Por conseguinte, o ribeirão Tamanduá, desde a confluência com o Córrego São Simão até o encontro com o ribeirão Tamanduazinho, na divisa dos Municípios de Serra Azul e Cravinhos, está enquadrado na classe 3.

Pelas análises preliminares observou-se que a distância de 1000 metros não é suficiente para ocorrer a degradação completa da carga orgânica lançada no córrego São Simão. Por meio da aplicação do modelo QUAL2K, constatou-se que o efluente lançado sem tratamento fará com que o córrego São Simão apresente um OD crítico de 0,85 mg/L e 40 mg/L de DBO_5 remanescente, ou seja, o padrão do corpo receptor não será respeitado, já que corpos d'água enquadrados na classe 4 têm de manter uma concentração de oxigênio dissolvido de 2,0 mg/L, de acordo com a Resolução Conama 357 de março de 2005. A alta carga de DBO_5 remanescente, não degradada no córrego São Simão, alcançará o ribeirão Tamanduá, fazendo com que a concentração crítica de OD no corpo hídrico continue baixa, 1,0 mg/L, não respeitando a condição prevista para sua classe, que é de 4,0 mg/L de OD.

De acordo com Von Sperling (1996a), todos os processos de tratamento de esgotos em nível secundário são capazes de alcançar uma eficiência na remoção da DBO_5 de 65%, mesmo aqueles mais simplificados. Utilizando essa eficiência de tratamento se pode constatar que a concentração crítica de oxigênio dissolvido no ribeirão Tamanduá seria de 3,5 mg/L (Figura 6). Nesse caso, a concentração de DBO_5 ficaria acima de 10 mg/L, desrespeitando o padrão de qualidade para classe 3 (ver Figura 6). Portanto, decidiu-se utilizar a mínima eficiência atingida dentre as alternativas estudadas, ou seja, 75% de eficiência. Na Figura 7 são apresentados os perfis longitudinais da concentração de oxigênio dissolvido e DBO_5 . Observa-se que, com essa eficiência, tanto a concentração de oxigênio dissolvido quanto a concentração de DBO_5 estão de acordo com a legislação vigente.

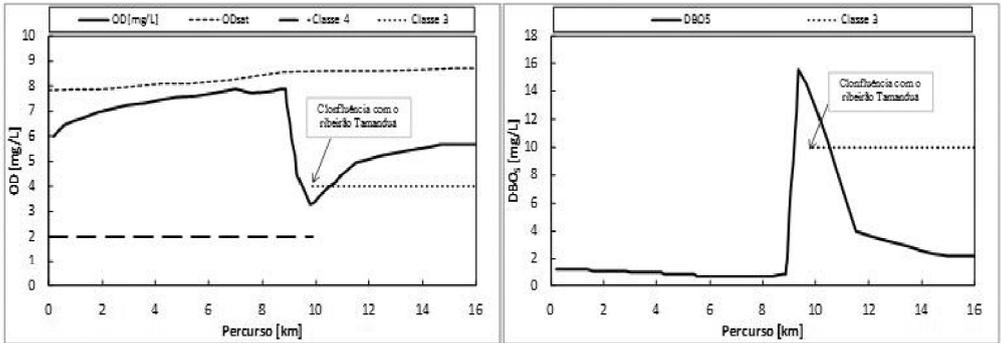


Figura 6. Perfil longitudinal de OD e DBO_5 ao longo do segmento simulado – eficiência de 65%.

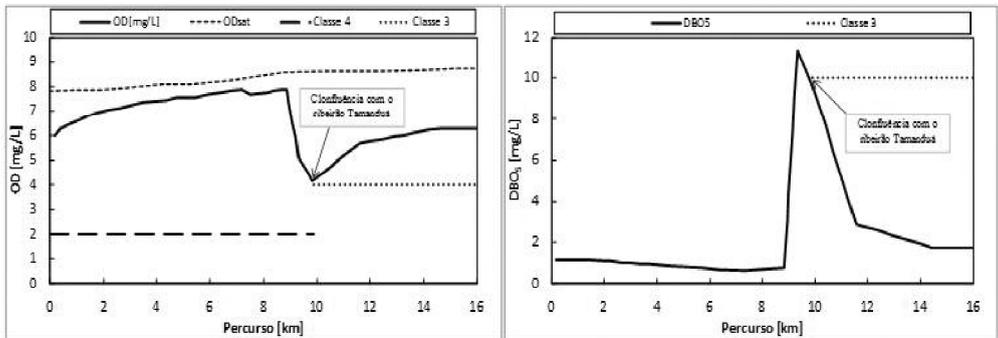


Figura 7. Perfil longitudinal de OD e DBO_5 ao longo do segmento simulado – eficiência de 75%.

3.2.3 Avaliação das alternativas

Na Tabela 4 é apresentada a matriz para avaliação das alternativas de tratamento, onde se destaca o Reator UASB como sendo o mais indicado, dadas as interações entre os *Critérios de Avaliação e os Pesos*.

Tabela 4. Matriz de Avaliação de alternativas para o tratamento de esgotos.

Alternativas	Critérios de Avaliação											Total
	Requisitos de Área para Construção	Custos de Implantação e Construção	Custos de Operação e Manutenção	Dificuldade de Construção	Dificuldade de Operação e	Consumo de Energia	Resistência a Choque de Carga	Nível de Instrução do Pessoal p/ O e M	Rejeição do Público em Geral	Geração de subprodutos	Eficiência DBO	
Lagoa Facultativa	5	3	1	3	1	1	2	1	4	1	2	46
Sistema Australiano	4	2	1	3	1	1	2	1	5	1	2	42
Lagoa Aerada Facultativa	4	3	2	2	2	2	2	2	4	1	2	50
Lagoa AMC + Decantação	3	3	3	2	3	2	3	2	4	3	1	56
UASB	1	1	1	1	2	1	4	2	2	2	3	33
Pesos	3	2	3	2	2	2	1	2	1	2	1	
Tabela de Critérios de Avaliação	1	Ótimo			3	Regular			5	Péssimo		
	2	Bom			4	Ruim						
Tabela de Pesos	1	Baixo			3	Alto						
	2	Médio										

4 DISCUSSÕES

A aplicação do modelo no trecho inicial (córrego São Simão) teve o objetivo de determinar os coeficientes do QUAL2K que se enquadram às condições apresentadas pelo corpo hídrico (calibração), e de obter um referencial sobre o seu potencial de autodepuração. A calibração do modelo foi feita com base nos dados de monitoramento da qualidade da água na bacia, considerando a vazão média para o trecho estudado.

O trecho 8 (ribeirão Tamanduá) foi modelado com a finalidade de se estimar a mudança da qualidade da água a partir da previsão da instalação da estação de tratamento de efluentes (doméstico e industrial) no trecho 7. Considera-se que a instalação da ETE, que estaria situada aproximadamente a 1 km da junção entre os dois cursos d'água, acarretaria uma possível mudança da qualidade da água do ribeirão Tamanduá. Esse fato é justificado pela distância entre o ponto de lançamento dos efluentes da ETE e a junção entre os dois cursos d'água. A distância é relativamente curta para que se tenha uma dimensão dos impactos resultante dos lançamentos e degradação dos poluentes.

A decisão quanto ao processo a ser adotado foi derivada fundamentalmente do balanceamento de critérios técnicos, econômicos e ambientais. Para que a seleção conduzisse realmente à alternativa mais adequada, foram atribuídos pesos a diferentes critérios de avaliação, os quais estão vinculados essencialmente à realidade do município.

Pela interpretação dos dados fornecidos pelo diagnóstico ambiental, conclui-se

que a cidade de São Simão apresenta baixa disponibilidade econômica para a manutenção e operação de estações com custos elevados. Adicionalmente, sugere também que há restrições topográficas e pedológicas, o que dificulta e ao mesmo tempo encarece a construção de estações que necessitem de grandes áreas e, conseqüentemente, elevadas movimentações de terra.

Esses fatos, aliados à não necessidade de alternativas com alta eficiência na remoção de matéria orgânica, fazem com que o UASB, dentro dos critérios e pesos utilizados para a avaliação das alternativas, seja o sistema mais adequado para realidade do município.

A atribuição da importância de cada critério de avaliação também foi baseada nas informações retiradas do diagnóstico ambiental da área, produzido por Gonçalves *et al.* (2005). Por exemplo, os baixos pesos atribuídos à rejeição do público em geral e à eficiência de DBO são conseqüências da grande distância entre a área destinada à construção da estação e o perímetro urbano, e à baixa eficiência requerida para manter a concentração de OD dentro dos limites estabelecidos para classe de ambos os corpos d'água, respectivamente.

Como o período de projeto adotado foi relativamente curto, 20 anos de operação, há necessidade de estações que facilitem a integração de outras unidades futuras. O reator UASB permite esta flexibilidade de integração, pois pode ser sucedido por alternativas como, por exemplo, uma lagoa facultativa, ou mesmo aumentar o número de módulos no reator à medida que a vazão aumente.

De modo geral, conclui-se que a alternativa de tratamento que mais se adequou às condições do meio, levando em conta as vertentes ambiental, social e econômica, foi o sistema de tratamento UASB.

5 CONCLUSÕES

Os lançamentos de efluentes *in natura* estão agravando a situação ecológica e sanitária dos corpos hídricos da microbacia em estudo. Verificou-se que a recepção de esgotos domésticos e industriais são as principais causas da interferência no equilíbrio ecológico, fator resultante da ocupação urbana que, em vez de tratar os esgotos, os despejam no córrego São Simão.

O fato de um corpo d'água estar enquadrado na Classe 4 – admitir mais atividades por exigir um padrão menor – tem gerado desconforto em alguns setores da sociedade, posto que essa classificação é extremamente restrita quanto aos diferentes usos da água. Assim, o enquadramento deve ser revisto sob a ótica do desenvolvimento sustentável. Para tanto, é de fundamental importância o estabelecimento de padrões a partir de ampla discussão com os diferentes segmentos da sociedade sobre seu significado e seu alcance.

Com relação à modelagem matemática, pode-se afirmar que o modelo QUAL2K é uma ótima ferramenta de gestão ambiental, por fornecer importantes subsídios à melhoria da qualidade da água. O fato de o mesmo ter possibilitado a determinação do percentual de tratamento norteia a visão sobre os tipos de subsídios fornecidos por essa ferramenta de gestão.

Apesar de a modelagem determinar um importante fator (eficiência de tratamento) para a seleção de qual alternativa de tratamento seria viável para o município de São Simão, a escolha da alternativa não foi baseada somente nesta condição, envolvendo diversos outros fatores, que foram considerados a partir das informações fornecidas pelo diagnóstico ambiental.

Para a avaliação das alternativas não foi considerada a escolha da área para a implantação da estação – ela já havia sido determinada por estudos realizados pela prefeitura municipal. O presente trabalho identificou a necessidade de estudos mais voltados para verificação da viabilidade técnica e econômica de estações descentralizadas, tendo em vista o alto custo atribuído aos interceptores e estações elevatórias. Esses estudos podem ser realizados com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas – SIG, que, por meio de sobreposição de cartas (topográfica, geológicas, pedológicas e uso ocupação) e outros critérios de análise, podem gerar cartas que indiquem as áreas mais adequadas para a construção das estações.

REFERÊNCIAS

CHAPRA, S. C. & PELLETIER, G. J. QUAL2K: a Modeling Framework for simulating river and stream water quality: documentation and user manual. Civil and Environmental Engineering Dept.: Tufts University, Medford, 2006.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 246p, 1997.

CONAMA. Resolução n° 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre as classificações dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

GONÇALVES, J. C. S. I., DIBIAZI, A. L. B., SOUZA, A. D. G. Diagnóstico Ambiental Preliminar da Microbacia do Córrego São Simão - SP. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 6., **Anais...** 2005. Ribeirão Preto, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Carta do Brasil. **Folha topográfica de Cravinhos**, Rio de Janeiro, IBGE. Escala 1:50.000, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Carta do Brasil. **Folha topográfica de Luiz Antonio**, Rio de Janeiro, IBGE. Escala 1:50.000, 1991.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo**, São Paulo, 1999.

SEADE. SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS, **Censo 2004**. <http://www.seade.gov.br>, acesso em 15/jun./2004.

SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**, 2007. <http://www.snis.gov.br>, acesso em 11/out./2009.

VON SPERLING, M. **Introdução a Qualidade da água e ao Tratamento de esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 243p, 1996a.

VON SPERLING, M. **Introdução a Qualidade da água e ao Tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 456p, 2005.

VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 196p, 1996b.

TITLE: THE USE OF THE QUAL2K MODEL TO SUBSIDIZE THE SELECTION OF ALTERNATIVES DO WASTEWATER TREATMENT – A CASE STUDY: CITY OF SÃO SIMÃO-SP

ABSTRACT

The goal of this investigation was to simulate the water quality of São Simão

stream, in different sceneries, using the QUAL2K model to subsidize the technical-economical and environmental analysis of possible alternatives to wastewater treatment in the city. The alternatives were analyzed using an interactive matrix originally developed; it was constituted of evaluation criteria and their weights, essentially linked to the reality of the place. After the model was calibrated, simulations of different sceneries were carried out, showing the need of the implantation of alternatives that reach at least 75% of efficiency to attend the current legislation. Finally, the result shows that the UASB treatment system was the most applicable to the reality of the town.

KEYWORDS: *Mathematical modeling; Water quality; QUAL2K model; Selection of alternatives; Wastewater treatment.*