



Análise de autodepuração do Córrego Batista, Perolândia - Goiás

Wanessa Silva Rocha ¹; Antônio Pasqualetto ²

¹ Engenheira Ambiental, Mestranda em Desenvolvimento e Planejamento Territorial, Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC Goiás, Goiânia, Brasil.

(wrochaamb@gmail.com)

² Engenheiro Agrônomo, Professor, Dr., Coordenador no Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Territorial. PUC Goiás.

(profpasqualetto@gmail.com)

Resumo

O uso de simulação matemática é fundamental na determinação adequada do monitoramento da qualidade da água. O córrego Batista é o corpo hídrico receptor indicado para receber o lançamento dos efluentes tratados pelo Sistema de Esgotamento Sanitário a ser implantado no município de Perolândia - Goiás. Deste modo, objetivou-se apresentar análise técnica da capacidade de restauração das características ambientais naturais do córrego Batista. Trata-se de pesquisa exploratória e descritiva para compreender o processo de autodepuração de corpo hídrico, utilizando-se de abordagem técnica, com procedimentos para levantamento dos parâmetros de projeto, assim como determinação dos indicadores necessários para realização do estudo de autodepuração. Portanto, a partir do conhecimento dos parâmetros de entrada necessários para aplicação do modelo Streeter-Phelps, utilizando-se o programa AD' Água 2.0. Conclui-se que este curso hídrico possui capacidade de autodepurar-se caso receba o lançamento de efluentes tratados a serem tratados no sistema proposto, conforme projetado, com eficiência de 90%, e continuará como Classe 2, conforme parâmetros da Resolução CONAMA 357/2005.

Palavras-chave: Autodepuração. Qualidade das águas. Modelagem.

Área Temática: 09 - Recursos hídricos.

Analysis of autodepuration of the stream Batista, Perolândia - Goiás

Abstract

The use of mathematical simulation is fundamental in determining proper water quality monitoring. The Batista creek is the receiving water body indicated to receive the discharge of the effluents treated by the Sanitary Sewage System to be implanted in the municipality of Perolândia - Goiás. This way, the objective was to present technical analysis of the restoration capacity of the natural environmental characteristics of the creek Batista. It is an exploratory and descriptive research to understand the process of autodepuration of water body, using a technical approach, with procedures to survey the design parameters, as well as determination of the indicators needed to perform the self-purification study. Therefore, from the knowledge of the input parameters required for application of the Streeter-Phelps model, using the program AD 'Water 2.0. It is concluded that this water course has the capacity to self-purify if it receives the discharge of treated effluents to be treated in the proposed system, as projected, with 90% efficiency, and will continue as Class 2, according to parameters of CONAMA Resolution 357/2005.

Key words: Autodepuration. Water quality. Modeling.

Theme Area: 09 - Water resources



1 Introdução

O estudo dos mecanismos de propagação de poluentes em corpos hídricos, como se dispersam e se degradam é essencial, de forma a garantir que sejam feitos os planos de monitoramento com o rigor científico necessário para verificar a capacidade de autodepuração. Para isso, o uso de simulação matemática em determinado curso hídrico é fundamental na definição correta dos parâmetros analisados e determinação adequada do monitoramento da qualidade da água.

Neste sentido, a autodepuração é definida como o processo pelo qual as águas poluídas restauram suas primitivas condições de pureza, pela ação de agentes naturais que tendem a tornarem estáveis e inócuas as substâncias estranhas presentes (PHILIPPI JÚNIOR, 1992).

Assim, a avaliação da autodepuração de um curso hídrico é usualmente realizada utilizando-se modelagem matemática, uma vez que esta é uma importante ferramenta que permite a simulação dos processos de autodepuração, e, conseqüentemente, auxilia na tomada de decisões referentes ao gerenciamento desses recursos (OPPA, 2007).

Este tipo de estudo é essencial e exigido pelos órgãos ambientais para fins de licenciamento referentes a corpos hídricos que serão indicados como corpos receptores dos efluentes tratados por sistemas de esgotamentos sanitários.

A necessidade da universalização do acesso ao saneamento básico, permitiu a criação da Lei Federal nº11.445/2007, assumida como compromisso de toda a sociedade brasileira, que orienta expressivo esforço das três esferas de governo no alcance de qualidade de vida e conservação do meio ambiente, por meio do aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão, cujo foco principal é contribuir para o acesso ao saneamento básico.

Diante deste contexto, foi criado, pelo governo federal, o Sanear Cidades, em parceria com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), que tem por objetivo capacitar e apoiar tecnicamente municípios selecionados para a elaboração dos respectivos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB). Desse modo, após concluídos estes planos, os municípios selecionados poderiam solicitar, junto a FUNASA, verbas para implantação das infraestruturas de saneamento.

O município de Perolândia fez parte deste programa e a partir do seu PMSB apresentado, teve como meta a elaboração do Projeto Básico Executivo do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) e, conseqüentemente, o seu processo de licenciamento junto a Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA).

Perolândia localiza-se na região sudoeste do estado de Goiás, distando 346 km da capital, Goiânia. Os municípios limítrofes são Jataí, Mineiros e Caiapônia. As principais vias de acesso são pelas rodovias GO220 e GO516. Os cursos d'água mais notáveis no município são os córregos Batista e Braveza, além do Rio Claro, este distante cinco quilômetros. O Rio Claro possui 400 km de extensão e nasce na Serra do Caiapó, entre os municípios de Jataí e Caiapônia, e desagua no município de São Simão no Rio Paranaíba.

O córrego Batista é o corpo receptor indicado para receber o lançamento dos efluentes tratados pelo Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) a ser implantado em Perolândia. O ponto de lançamento final situar-se-á na coordenada geográfica 17°31'11" Sul e 52°1'60". O acesso ao mesmo se dá pela saída leste do município, ao final da Rua José Alves, no qual se percorre uma estrada vicinal com aproximadamente 3 Km.

Deste modo, objetivou-se apresentar análise técnica da capacidade de restauração das características ambientais naturais do córrego Batista, localizado no município de Perolândia, Goiás.



2 Metodologia

Trata-se de pesquisa exploratória e descritiva para compreender o processo de autodepuração de corpo hídrico, o córrego Batista, localizado no município de Perolândia, Goiás, indicado para ser o corpo receptor do SES.

Sendo assim, utilizou-se de abordagem técnica, com procedimentos para levantamento dos parâmetros de projeto, assim como determinação dos indicadores necessários para realização do estudo de autodepuração.

a) Coleta e análise da água

A coleta de amostra de água foi realizada no dia 22/03/2016, período considerado chuvoso. Em campo foi obtido o valor de temperatura da água. Amostras de água foram coletadas segundo NBR 9897 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, NBR 9898 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores e Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água. Foram utilizados frascos de polietileno e *Winkler* para a coleta e as amostras acondicionadas em caixa de isopor com gelo. Em seguida, foram destinadas a análise laboratorial em Goiânia, em laboratório certificado pelo Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Os parâmetros analisados foram Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), pH e coliformes termotolerantes, suficientes para caracterizar a capacidade autodepuradora do corpo receptor.

Ressalta-se que o local escolhido para coleta de amostra d'água e na medição da vazão no córrego Batista foi onde será localizado o lançamento final da futura Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Perolândia.

b) Determinação da vazão do córrego Batista

Foram realizadas duas medidas de vazão pelo método flutuador. Para período chuvoso a medição foi no dia 22/03/2016 com média da vazão de 202,3 L/s. Para período de seca a medição foi realizada no dia 10/07/2017 com vazão média de 194,1 L/s.

Com o método do flutuador foi possível determinar a velocidade superficial do escoamento do córrego Batista, de forma a estimar a mesma para situações diferentes. Multiplicando-se a velocidade média pela área molhada (área da seção transversal por onde está ocorrendo o escoamento), obtém-se a vazão.

Com estes valores de vazão foi possível fazer simulação matemática para verificar período mais crítico e assim dar segurança ao estudo.

c) Projeção da população

A partir da análise dos dados censitários divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi possível realizar projeção populacional pelo modelo de projeção Logarítmica com a taxa de crescimento de 1,76 % a.a.

Portanto, o SES projetado terá capacidade para atender por um horizonte de 20 anos, com população inicial para o ano de 2018 de 2.134 habitantes, e população para o ano a 2038 seria de 3.553 habitantes.

d) Parâmetros de projeto do SES Perolândia

Os parâmetros apresentados são elementos importantes no dimensionamento das unidades componentes do sistema de esgotamento sanitário proposto, assim como também compreendem-se como informações importantes no estudo de autodepuração do corpo receptor.



Ressalta-se que a determinação das vazões de contribuição de esgoto ano a ano, ao longo do horizonte de projeto, seguiu as diretrizes estabelecidas pelas Normas Técnicas NBR 9648 - Estudos de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário e NBR 9649 – Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário, tendo sido utilizados os seguintes parâmetros:

- Consumo *per capita* = 150L/hab.dia, valor utilizado como referência no estado de Goiás pela Saneamento de Goiás (SANEAGO);
- Coeficiente de Variação de Demanda: Máxima Diária: $K1 = 1,2$;
- Coeficiente de Variação de Demanda: Máxima Horária: $K2 = 1,5$;
- Coeficiente de Variação de Demanda: Mínima Horária: $K3 = 0,5$;
- Coeficiente de Retorno Esgoto/Água: $C = 0,8$;
- Carga orgânica = 54g de DBO/hab.dia;
- Taxa de Atendimento: $Ta = 100 \%$.
- Extensão da rede coletora 33.429 m;
- Vazão de infiltração(rede) 0,00005 L/s;
- Vazão de infiltração(interceptor) 0,0003 L/s.

A partir destes parâmetros, têm-se as vazões de carga orgânica a ser tratada pelo SES de Perolândia:

- Vazão Média: 689 m³/dia;
- Carga orgânica: 191,86 kg DBO/dia;
- Concentração média de DBO: 278,49 mg/L.

e) Modelo matemático Streeter-Phelps para estudo de autodepuração

Utilizou-se o programa computacional de autodepuração de cursos d'água chamada AD' ÁGUA 2.0, testado e aprimorado pela Universidade Federal do Espírito Santo (2010), em programação voltada para objetos, permitindo o estudo e a determinação do perfil de Oxigênio Dissolvido (OD) e da degradação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ao longo do curso d'água.

O modelo Streeter-Phelps é determinístico e estático, abordando dois aspectos importantes: o consumo de oxigênio pela oxidação da matéria orgânica e a produção de oxigênio pela reaeração atmosférica.

Este modelo necessita dos seguintes dados:

- vazão do rio, à montante do lançamento;
- vazão de esgotos (Q_e);
- oxigênio dissolvido no rio, à montante do lançamento (OD_r);
- oxigênio dissolvido no esgoto (OD_e);
- DBO5 no rio, à montante do lançamento (DBO_r);
- DBO5 do esgoto (DBO_e);
- coeficiente de desoxigenação ($K1$);
- coeficiente de reaeração ($K2$);
- velocidade de percurso do rio (v);
- tempo de percurso (t);
- concentração de saturação de OD (C_s);
- oxigênio dissolvido mínimo permissível (OD_{min}).

O equacionamento de Streeter-Phelps utilizado para cálculo da concentração de OD combina os processos de reaeração e desoxigenação pelo decaimento da matéria orgânica, onde:



- C_t - concentração do oxigênio dissolvido no tempo t (mg/L);
- C_s - concentração de saturação de oxigênio (mg/L);
- C_0 - concentração inicial de oxigênio, logo após a mistura (mg/L);
- K_1 - coeficiente da taxa de desoxigenação (dia⁻¹);
- K_2 - coeficiente da taxa de reaeração (dia⁻¹);
- L_0 - DBO imediata após o ponto de lançamento, ou seja, a quantidade total de oxigênio necessária para completa estabilização da matéria orgânica (mg/L);
- D_t - déficit inicial de oxigênio dissolvido no ponto de mistura (mg/L).

Como não foi possível obter um valor experimental para o coeficiente K_1 , foi adotado da literatura conforme Von Sperling (1995), igual a 0,18 d⁻¹, considerando-se a origem do efluente como sendo secundário. Esse coeficiente foi ajustado em função da temperatura do rio, no caso 23°C. O mesmo foi feito com o coeficiente K_2 , tendo sido adotado valor igual a 0,37 d⁻¹, enquadrando o córrego Batista dentre os rios vagarosos.

Os teores de DBO e OD a serem mantidos nos corpos d'água são estipulados por meio de legislação, no caso, Resoluções Conama 357/2005 e Conama 430/2011. Os valores variam em função da classe em que o corpo d'água está enquadrado.

3 Resultados e discussão

Os modelos matemáticos para estudos de capacidade autodepuradora de cursos hídricos são ferramentas de confiabilidade e agilidade, pela capacidade de apresentar resultados de forma simplificada e prática, ainda que esses processos sejam complexos.

A utilização desses modelos proporciona a simulação de eventos e das condições futuras e possibilita alternativas para o monitoramento do corpo d'água (GASTALDINI; GIORGETTI, 1983 *apud* OPPA, 2007).

A hipótese básica no modelo Streeter-Phelps é que o processo de decomposição da matéria orgânica no meio aquático segue uma reação de primeira ordem. Assim, nesse tipo de reação, a taxa de redução da matéria orgânica é proporcional à concentração de matéria orgânica presente em um dado instante de tempo (MENDONÇA & REIS, 1999).

Ressalta-se ainda que neste sentido, a temperatura influencia na oxigenação do corpo d'água de duas formas: reduz a concentração de saturação da água e acelera o processo de absorção de oxigênio. Observa-se, de modo geral, que a água previamente desoxigenada absorve menos oxigênio da atmosfera à medida que a temperatura se eleva, se todas as outras condições permanecerem constantes (EIGER, 2003).

Portanto, a partir do conhecimento dos parâmetros de entrada necessários para aplicação do modelo Streeter-Phelps, e conforme apresentados na metodologia, de forma a verificar a capacidade autodepuradora do córrego Batista, foram lançados os seguintes dados no programa AD' Água 2.0, conforme apresentado no Quadro 01:



Quadro 01 – Dados iniciais e parâmetros de reação

DADOS DE ENTRADA INICIAIS				
Eficiência do Tratamento		h=	0%	90%
Efluente				
Vazão Lançada		$Q_{\text{efl}}=$	0,00797	0,00797 m ³ /s
DBO do Efluente (padrão)		$L_{\text{t efl}}=$	278,49	278,5 mg/L
DBO Inicial (- t dias)	t = 5 dias	$L_{\text{o efl}}=$	426,2	426,2 mg/L
DBO após tratamento		$L_{\text{trat}}=$	426,2	42,6 mg/L
OD Efluente		$O_{\text{efl}}=$	0,0	0,0 mg/L
Curso d'água				
Vazão		$Q =$	0,19410	0,19410 m ³ /s
Profundidade Média		$y =$	0,50	0,50 m
Velocidade Média		$V =$	0,12	0,12 m/s
DBO (Local)		$L_{\text{t rio}}=$	2,00	2,00 mg/L
DBO última (- t dias)	t = 5 dias	$L_{\text{o rio}}=$	3,1	3,1 mg/L
OD (Local)		$O_{\text{rio}}=$	5,40	5,40 mg/L
Temperatura Local		$T =$	23	23 °C
OD Saturação		$O_s=$	8,50	8,50 mg/L
PARÂMETROS DE REAÇÃO				
Desoxigenação				
Coef. Reação Mat. Orgânica a 20 °C		$K_{1,20} =$	0,18	0,18 1/dia
Coef. Reação Mat. Orgânica a T°C		$K_{1,T} =$	0,21	0,21 1/dia
Reaeração				
Coef. Reaeração a 20 °C		$K_{2,20} =$	0,37	2,11 1/dia
Coef. Reaeração a T °C		$K_{2,T} =$	0,40	2,26 1/dia
Condições de Contorno				
DBO na Mistura Inicial		$L_o=$	19,76	4,62 mg/L
Déficit Oxigênio na Mistura Inicial		$D_0 =$	3,31	3,31 mg/L

Fonte: Adaptado Estudo de Autodepuração do córrego Batista (Fox Engenharia, 2016).

A partir destes dados iniciais e dos parâmetros de reação, chegou-se aos resultados, denominado no modelo matemático como dados de saída. Estes dados consideram o instante t (dias), a distância (km) e a capacidade de tratabilidade do SES projetado para eficiência de 90%, considerando a DBO (mg/L) e OD (mg/L), conforme Figura 01 e 02.

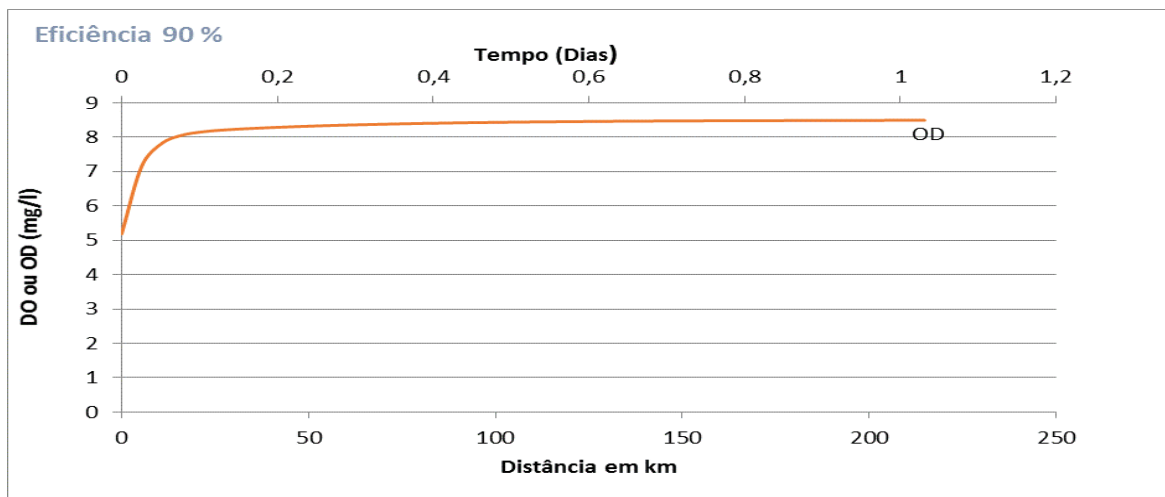
O oxigênio dissolvido é o elemento principal no metabolismo dos microrganismos aeróbios que habitam as águas naturais ou os reatores para tratamento biológico de esgotos. É um parâmetro de extrema relevância na legislação de classificação das águas naturais, bem como na composição de Índices de Qualidade de Águas – IQAs. (RODRIGUES, 2005).

A DBO é um consumo de oxigênio, através de reações biológicas e químicas, sendo o parâmetro mais comumente utilizado na determinação do oxigênio dissolvido consumido



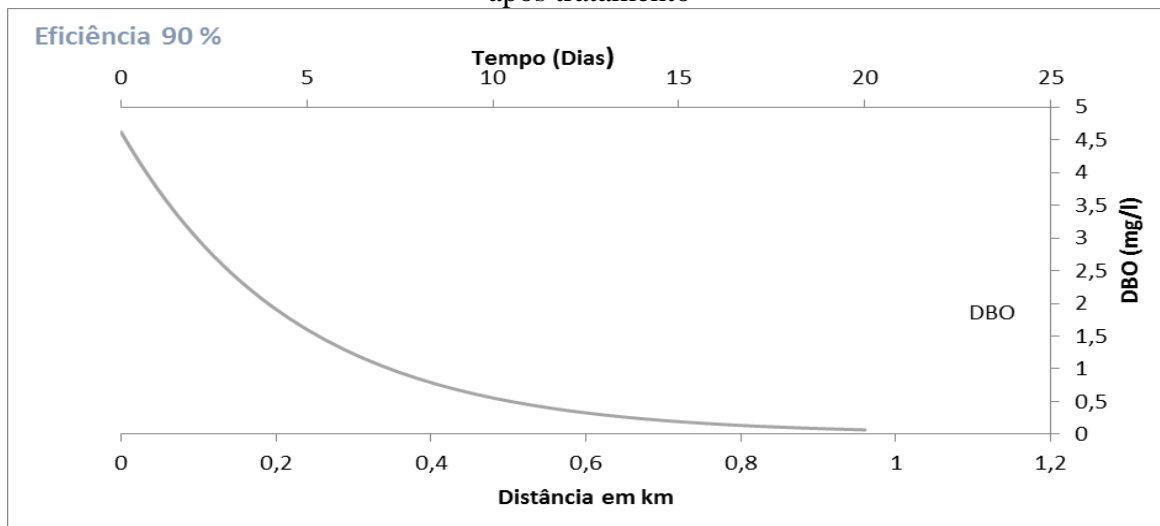
pelos microrganismos aeróbios e facultativos no processo de oxidação da matéria orgânica biodegradável. Quanto mais elevado for a quantidade de matéria orgânica, mais OD será necessário para que os seres decompositores estabilizem a matéria orgânica.

Figura 01 – Gráfico da simulação de capacidade autodepuradora do córrego Batista de OD após tratamento



Na simulação, conforme Figura 01, após receber lançamento de efluente tratados a uma Eficiência de 90%, a concentração de OD no córrego Batista consegue manter-se acima de 5,0 ml/L, o limite mínimo aceitável, de acordo com o CONAMA 357/2005.

Figura 02 – Gráfico da simulação de capacidade autodepuradora do córrego Batista de DBO após tratamento



Já após tratamento a uma Eficiência de 90%, conforme Figura 02, a concentração de DBO permaneceu abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, não ultrapassando o máximo de 5,0 mg/L.

Vale lembrar que a simulação realizada conta com o pior cenário possível, onde a vazão utilizada e a população de final de plano foi superestimada, considerando taxa de



crescimento populacional acima do normal, além da qualidade atual das águas no córrego Batista.

4 Conclusões

Com a realização desta análise de autodepuração, utilizando modelo matemático Streeter-Phelps, parâmetros de projetos para o Sistema de Esgotamento Sanitário de Perolândia, bem como as características químicas e biológicas do córrego Batista conclui-se que este curso hídrico possui capacidade de autodepurar-se caso receba o lançamento de efluentes tratados pelo SES de Perolândia, conforme projetado, com eficiência de 90%, e continuará como Classe 2, conforme parâmetros da Resolução CONAMA 357/2005.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9897 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Ano: 1987. **NBR 9898 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Ano: 1987.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445/2007. **Política Nacional de Saneamento Básico**. Ano: 2007. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em 26 de março de 2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – **Resolução 357/2005**, disponível em www.mma.gov.br, Brasília-DF, 2005.

EIGER, S. **Autodepuração dos Cursos d'água**. In: Reuso de Água. Barueri, SP. 579 p. 2003.

FOX ENGENHARIA. **Estudo de autodepuração do córrego Batista, município de Perolândia – Go**. In: Projeto Básico Executivo para o Sistema de Esgotamento Sanitário de Perolândia. Ano: 2016.

MENDONÇA, A. S. F.; REIS, J. A. T. **Utilização de modelo computacional na análise de limites impostos aos parâmetros de qualidade de água em rios**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte, MG, 1999.

OPPA, L. F. **Utilização de modelo matemático de qualidade da água para análise de alternativas de enquadramento do rio Vacacaí Mirim**. Santa Maria, 2007. Dissertação de Mestrado Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. 2007, p. 19.

PHILIPPI JÚNIOR, A. (Org.), **Saneamento do meio**. São Paulo: FUNDACENTRO; Universidade de São Paulo, 1992. 235p.

RODRIGUES, R.B. **Sistema de Suporte à Decisão Proposto para a Gestão Quali- Quantitativa dos Processos de Outorga e Cobrança pelo Uso da Água**. Tese de Doutorado. São Paulo, SP: USP. 155 p. 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – UFES. Programa: Ad'Água 2.0: sistema para simulação da autodepuração de cursos d'água. Cidade de Alegre - ES, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte:1995. 240 p.