

## II-259 - ESTUDO DA AUTODEPURAÇÃO EM TRECHO DO RIO JUCU, VILA VELHA – ES, UTILIZANDO OS MODELOS MATEMÁTICOS QUAL-UFMG E STREETER-PHELPS

**Joãozito Cabral Amorim Junior<sup>(1)</sup>**

Técnico ambiental da Companhia Espírito Santense de Saneamento – CESAN, Biólogo pela Escola São Francisco de Assis (ESFA), Especialista em Ciências Biológicas e Hidrologia, Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

**Lícia Cristina Silva de Lima**

Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo IFES.

**Priscila Letro Caldeira Vieira**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Faculdade Espírito Santense - FAESA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Governador Bley, 186 – Ed. BEMGE, 3º andar – Centro – Vitória – Espírito Santo – CEP: 29.010-150 - Brasil - Tel: +55 (27) 2127-5062 - e-mail: [joaozito.amorim@cesan.com.br](mailto:joaozito.amorim@cesan.com.br)

### RESUMO

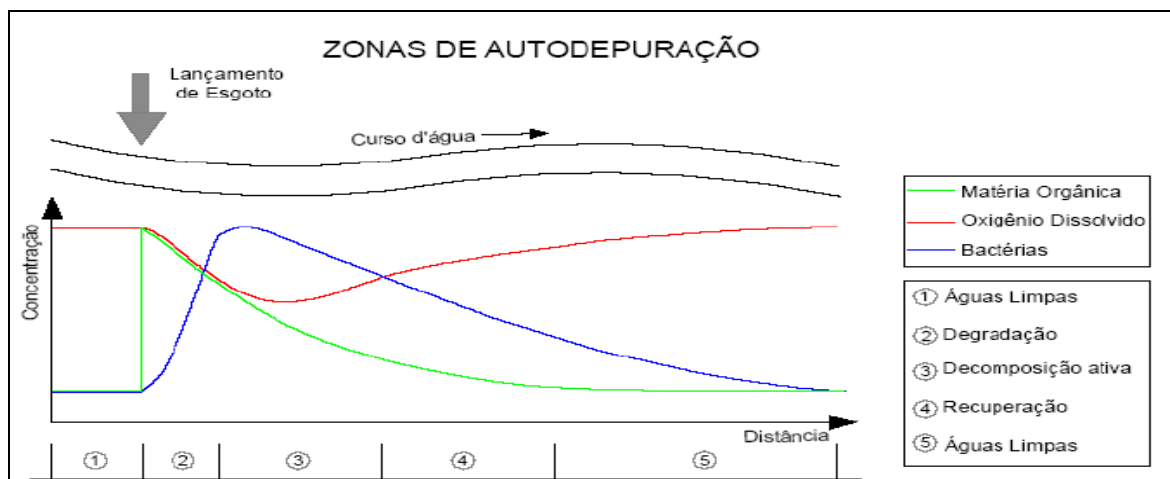
O presente trabalho tem como finalidade determinar a capacidade de autodepuração em um trecho de um curso d'água natural do Rio Jucú, utilizando os modelos matemáticos de Streeter-Phelps e QUAL-UFMG. A simulação do modelo é comparada com os dados experimentais medidos em campo de oxigênio dissolvido (OD) e da demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Os resultados obtidos apresentam o grau de poluição do corpo d'água, assim como qual seria o comprimento que o corpo d'água deveria possuir para que apenas por processos naturais recuperasse os níveis adequados de OD e DBO. Os resultados das aplicações dos modelos demonstraram que, ao longo do trecho estudado, a matéria orgânica foi consumida representando assim, a capacidade de autodepuração do rio e estabilizando as condições de Oxigênio Dissolvido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Autodepuração, Poluição, Escoamentos de Águas, QUAL-UFMG, Streeter-Phelps.

### INTRODUÇÃO

O crescimento populacional desacelerado, o desenvolvimento industrial e outras atividades humanas exigem cada vez mais o uso da água. Esta crescente demanda por água acarreta a geração de resíduos líquidos que são muitas vezes lançados in natura nos corpos hídricos, alterando assim suas características naturais. O lançamento de um efluente líquido em um rio provoca um consumo de Oxigênio dissolvido (OD). São necessários teores mínimos de OD nos rios para a existência da biodiversidade do corpo hídrico.

O presente trabalho tem como finalidade modelar o consumo de OD e remoção da DBO em um trecho do Rio Jucu após lançamento pontual de efluente, para determinação de alterações físicas, químicas e biológicas do rio. Esse consumo de OD e remoção de DBO podem ser caracterizados como sendo um fenômeno de autodepuração, que consiste em um processo natural de recuperação de um curso d'água, após ocorrência de interferências externas. Essa autodepuração é causada por microrganismos presentes no corpo hídrico que, degradam a matéria orgânica lançada e conseqüentemente consomem o oxigênio dissolvido presente no meio líquido. Após a total degradação da matéria, o curso d'água tende a se recuperar naturalmente, voltando às suas condições anteriores conforme mostra a Figura 1.



**Figura1: Perfil das zonas de autodepuração ao longo do curso d'água.**

A escolha dos modelos matemáticos depende de vários fatores, como os objetivos das análises e a disponibilidade de tempo e dados. O primeiro critério básico é a definição do nível do detalhamento do modelo que é em função das aplicações dos resultados do modelo e da decisão dos gestores ambientais.

Os modelos de qualidade das águas de rios vêm sendo utilizados desde o desenvolvimento do modelo clássico de OD e DBO, de Streeter e Phelps, em 1925 (Von Sperling, 2007). O modelo de Streeter-Phelps permite analisar, teoricamente, como o consumo de oxigênio dissolvido, se comporta ao longo do espaço e do tempo, após o lançamento de efluente. Para isso, é necessário se conhecer alguns aspectos importantes para que se possa aplicar corretamente o modelo, como: Vazão do rio, Vazão de lançamento, DBO do rio, OD do rio, DBO do Efluente, coeficientes ( $k_1$ ,  $K_2$  e  $K_d$ ) e temperatura.

Outra ferramenta simples para a modelagem da qualidade da água e de crescente utilização é a plataforma QUAL-UFMG, criada por von Sperling (2007). O programa em Excel QUAL-UFMG, desenvolvido em planilhas, tem como objetivo possibilitar a modelagem de rios através da utilização de um modelo baseado no QUAL2-E, desenvolvido pela US Environmental Protection Agency (USEPA).

O QUAL-UFMG permite a modelagem dos seguintes constituintes ao longo do rio: Demanda Bioquímica de Oxigênio, Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Total e suas frações (orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato), Fósforo Total e suas frações (orgânico e inorgânico), Coliformes Termotolerantes ou E. coli. Porém, foram utilizados só os parâmetros OD e DBO.

O objetivo geral deste trabalho foi determinar a capacidade de autodepuração em um trecho de um curso d'água natural e critérios para a escolha de modelos matemáticos, utilizando os modelos Streeter-Phelps e QUAL-UFMG.

Os objetivos específicos são:

- Modelagem e simulação de cenários possíveis para a melhoria da qualidade de água do trecho em questão com os modelos Streeter-Phelps e QUAL-UFMG..
- Apresentar critérios para a escolha de modelos matemáticos de qualidade da água como uma ferramenta de apoio ao gerenciamento da qualidade da água de bacias hidrográficas, aplicados dois modelos, um mais simples (Streeter-Phelps) e outro mais complexo (QUAL-UFMG), em um mesmo sistema natural.

O sistema natural escolhido foi o rio Jucu, pela importância no abastecimento de água da Região Metropolitana da Grande Vitória.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo iniciou-se com a definição do trecho do rio Jucu a ser modelado, o segmento (próximo ao emissário) é caracterizado por balneários naturais, predominância de sítios, com cultivos agrícolas e criação de animais, é receptor natural dos despejos industriais e domésticos da maior parte da população inserida na bacia. Adicionalmente, está localizado neste segmento o emissário da Estação de Tratamento de Esgotos de Araças (ETE Araças), uma das três maiores ETE's da Grande Vitória, operada pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN). Este segmento, portanto, foi o escolhido para a modelagem e possui uma extensão total de 4,2 Km até sua foz.

Após a escolha da área de estudo, foram definidos os parâmetros de Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) como os parâmetros a serem modelados, pelo fato dos dois serem variáveis de estado tanto no QUAL-UFGM como no Streeter-Phelps.

Os dados de vazão e velocidade do rio e morfologia da calha do rio Jucu foi obtida através de medições de vazão com aparelho de medição acústica (ADCP). Para a calibração dos modelos foram utilizados os resultados de monitoramento da qualidade da água do rio efetuado pela CESAN no mês de dezembro de 2010.

Os parâmetros para a modelagem foram obtidos no banco de dados da CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento, Divisão de Resíduos e Recursos Hídricos). Com posse dessas informações, o processo de cálculo do modelo se dá através de equação feita em planilha excel.

No caso específico do coeficiente de desoxigenação ( $K_1$ ) o valor adotado foi de  $0,40 \text{ dia}^{-1}$ , para ambos os modelos. Para a obtenção do valor do coeficiente de reaeração ( $K_2$ ) foi adotado o valor de  $0,35 \text{ dia}^{-1}$  em função das características do rio. Adotou-se para concentração de saturação do oxigênio o valor de  $7,96 \text{ mg/l}$ , levando-se em conta a temperatura máxima da água de  $27^\circ \text{ C}$  ao nível do mar.

## RESULTADOS OBTIDOS

A Figura 2 apresenta os resultados de aplicação do modelo de Streeter-Phelps no trecho do Rio Jucu, para OD e DBO respectivamente. O valor de DBO medido no modelo comparado com o previsto apresenta-se maior, com uma diferença de apenas  $0,5 \text{ mg/l}$ , enquanto para o mesmo trecho modelado com o QUAL-UFGM a diferença é de aproximadamente  $2 \text{ mg/l}$ . O valor de OD modelado e medido foram de  $0,5 \text{ mg/l}$ .

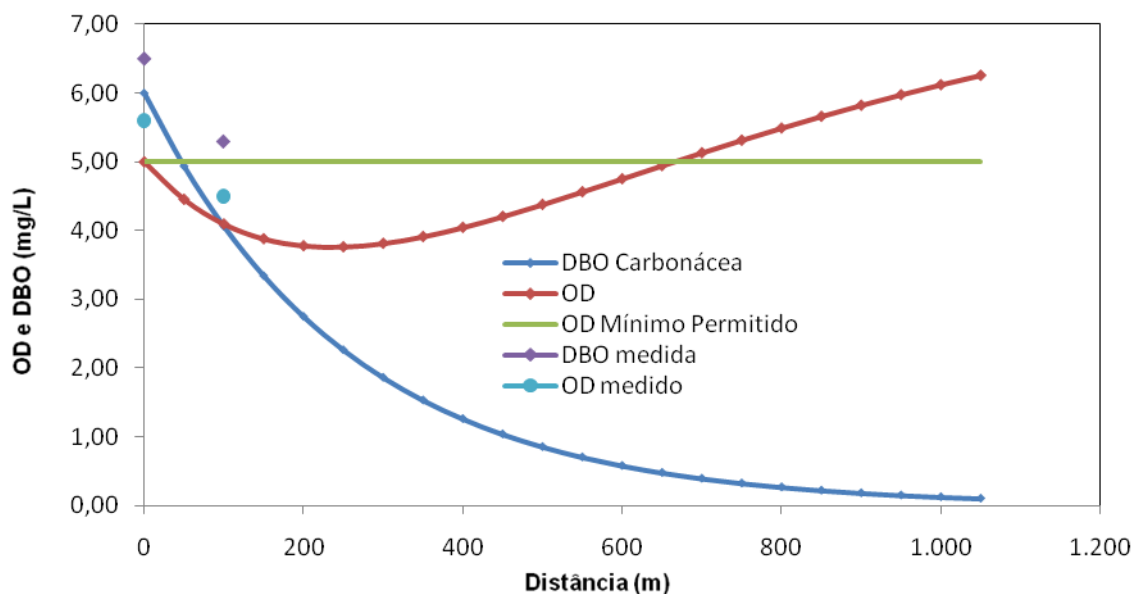
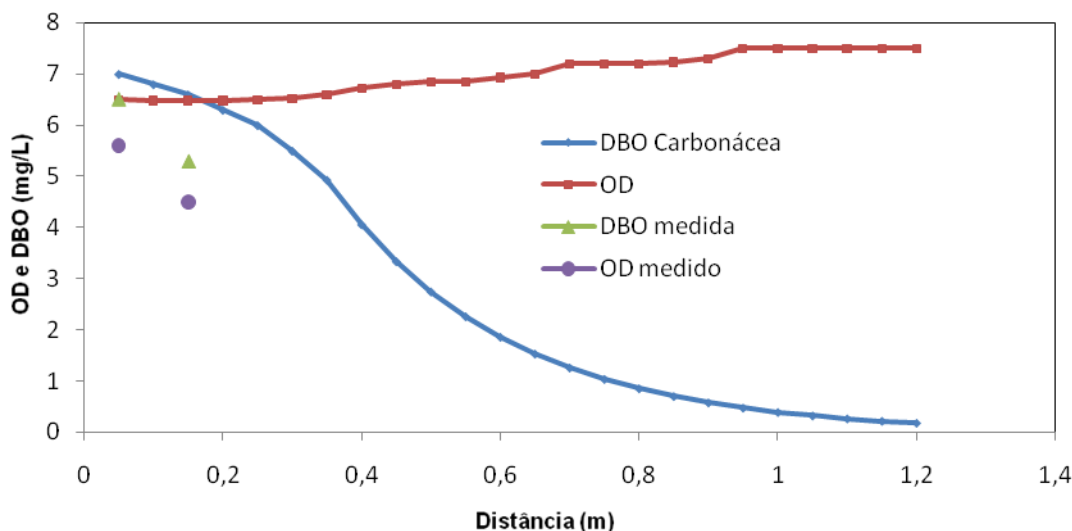


Figura 2: Curva de OD e DBO no Rio Jucu – modelo Streeter-Phelps

Os valores de DBO e OD previsto no modelo comparado com o medido apresenta-se maior, com uma diferença de aproximadamente 1,5 mg/l, enquanto para o mesmo trecho modelado com o Streeter-Phelps a diferença é de apenas 0,5 mg/l. Entretanto a simulação realizada com o Streeter-Phelps resultou num melhor ajuste com os dados medidos.



**Figura 3: Curva de OD e DBO no Rio Jucu – modelo QUAL-UFGM**

De acordo com as Figuras 3, percebe-se que, que próximo à zona de mistura, o curso d'água é marcado pela atuação da zona decomposição ativa, uma vez que a degradação da matéria orgânica lançada no rio ocorre, teoricamente, logo no momento de mistura das águas. Foi constatado também que, o corpo hídrico em função das suas características hidráulicas, deve retornar às condições anteriores à poluição, após 1 quilômetro de distância do lançamento da ETE.

## CONCLUSÃO

Os resultados das aplicações dos modelos demonstraram que, ao longo do trecho estudado, a matéria orgânica foi consumida representando assim, a capacidade de autodepuração do rio e estabilizando as condições de Oxigênio Dissolvido.

Com os resultados obtidos pela modelagem, pode-se notar que, as concentrações de oxigênio dissolvido e de matéria orgânica (DBO), no trecho em estudo permaneceram dentro dos limites aceitáveis estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

Outro fator que deve ser comentado é quanto aos enquadramentos dos corpos d'água, sendo o Rio Jucu considerado um rio de Classe 2, porém no Estado do Espírito Santo não possui enquadramento estando assim atendendo ao Capítulo VI, Art. 42 dessa resolução.

Os resultados demonstram uma boa calibração dos dados experimentais com os dados previstos nos modelos, indicando que os valores adotados das constantes  $K_1$  e  $K_2$  estavam adequados para a bacia em estudo. Comparando-se os dois modelos aplicados verifica-se que o modelo de Streeter-Phelps prevê com melhor aproximação os valores de DBO, em relação aos dados obtidos em campo, apesar de, na aplicação deste modelo foram feita algumas simplificações, tais como, redução do número de trechos e a transformação de cargas difusas em carga pontuais. Para a concentração de OD os modelos não diferem significativamente.

Na escolha do modelo de qualidade da água deve ser levada em consideração a disponibilidade de dados e as limitações de cada modelo. No caso da aplicação do QUAL-UFGM verificou-se que o valor de  $K_2$  se restringe aos obtidos de equações previamente inseridas no modelo, não permitindo a inserção de outros valores, o que resultou, provavelmente, em valores previstos superiores aos dados reais.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. AMORIM JR, J.C. et al. Avaliação da Autodepuração em um trecho do rio São João da Viçosa – Venda Nova do Imigrante-ES. X Simpósio Italo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Maceió, Al. 2010.
2. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.
3. VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade de Água e ao Tratamento de Esgotos. 2 ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1997. v. 1.
4. VON SPERLING, M. Estudo e modelagem da qualidade da água de rios. 2 ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007. v. 7.