

## IV-075 - COEFICIENTE DE DESOXIGENAÇÃO DO RIBEIRÃO VERMELHO

**Matheus de Sá Farias<sup>(1)</sup>**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Lavras (UFLA).

**João Paulo Cunha de Menezes**

Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas na UFLA.

**Ricardo Parreira Bittencourt**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária na UFLA.

**Luiz Fernando Coutinho de Oliveira**

Professor do Departamento de Engenharia da UFLA.

**Ronaldo Fia**

Professor do Departamento de Engenharia da UFLA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Alojamento Estudantil da UFLA, B2 305 – Campus Histórico da UFLA - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel: +55 (31) 9239-5748 - e-mail: [matheusfarias.engambiental@gmail.com](mailto:matheusfarias.engambiental@gmail.com)

### RESUMO

Os modelos de qualidade de água ganham cada vez mais importância na avaliação, planejamento e gestão de corpos hídricos. Entretanto, uma das dificuldades do uso de modelos de qualidade da água é a ausência de dados sobre parâmetros cinéticos de reações bioquímicas. Com a finalidade de se obter os parâmetros cinéticos para calibração de um modelo de qualidade de água, o presente trabalho teve como objetivo a determinação do coeficiente de desoxigenação ( $k_1$ ) em três trechos do Ribeirão Vermelho em Lavras - MG. Os valores obtidos de  $k_1$  para os trechos I e II (0,13 e 0,11 d<sup>-1</sup>, respectivamente) foram superiores ao do trecho III (0,10 d<sup>-1</sup>) no período chuvoso. Desta forma, pode-se inferir que o Ribeirão Vermelho apresenta baixa capacidade de autodepuração nos trechos analisados, devido aos baixos valores de  $k_1$  encontrados associados aos elevados valores de DBO<sub>5</sub>, possuindo menor taxa de estabilização, implicando em uma DBO<sub>u</sub> elevada para o período chuvoso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cinética, Qualidade da água, Autodepuração, Coeficiente de Desoxigenação.

### INTRODUÇÃO

O declínio da qualidade da água e a degradação geral dos ecossistemas aquáticos devido às atividades antrópicas têm sido documentados em muitas regiões do mundo. A matéria orgânica introduzida no corpo de água é grande fonte de alimento para diversos organismos heterotróficos nele presentes. Estes organismos utilizam o oxigênio na decomposição da matéria orgânica, consumindo, assim, o oxigênio dissolvido e ocasionando sua depleção.

O consumo de oxigênio resume-se, basicamente, nos vários tipos de oxidação da matéria orgânica suspensa e decantada e o uso do oxigênio na respiração, principalmente dos vegetais, quando na ausência de luz. Entretanto, quando há o lançamento de efluentes ricos em cargas orgânicas nos cursos de água, deverá ocorrer brusca depleção na concentração de oxigênio na água, a partir de uma determinada distância a jusante do ponto de lançamento. Isto pode diminuir a concentração de oxigênio até se atingir níveis prejudiciais à biota aquática, já que a demanda por oxigênio supera sua reposição pelo processo de reaeração.

A recuperação dos níveis de oxigênio e do equilíbrio aquático por meio de mecanismos naturais constitui o fenômeno da autodepuração. Diversas variáveis podem ser utilizadas na avaliação do processo de autodepuração, entretanto, a quantificação da concentração de oxigênio dissolvido (OD) é a mais importante para definir a condição do curso de água e avaliar se o mesmo encontra-se dentro ou fora dos limites da classe de seu enquadramento (Santos et al., 2011).

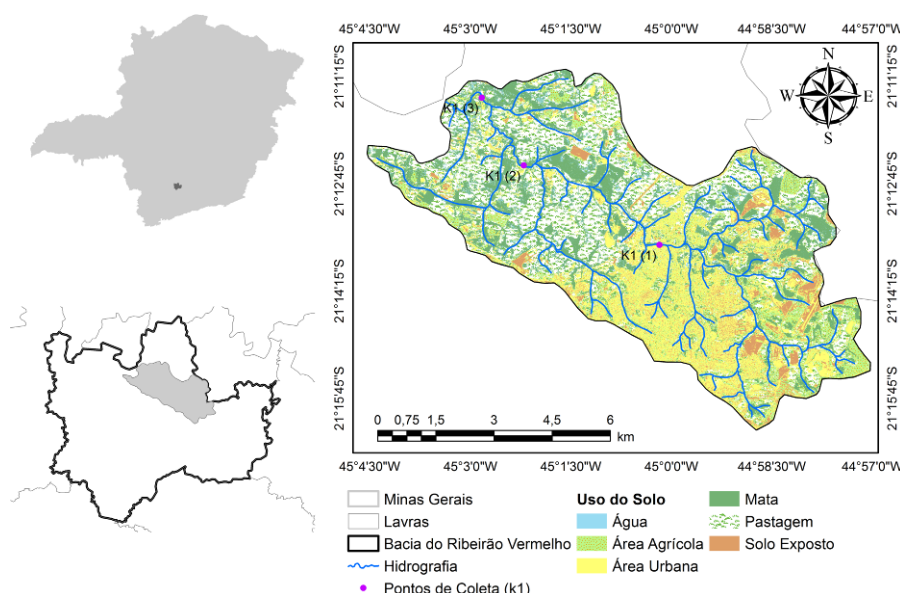
O teor de OD é um fator importante à preservação da fauna e flora aquática, além disso, tanto a poluição como a sua estabilização são medidas em termos de OD. Por isso, normalmente utilizam-se como parâmetros o OD e a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) para a avaliação da poluição em um curso de água.

O consumo de OD, devido à oxidação microbiana, pode ser obtido utilizando-se a medição da DBO, sendo basicamente governado pelo coeficiente de desoxigenação ( $k_1$ ) que é a velocidade com que esse mecanismo se processa. Segundo Formentini (2010), tão importante quanto estimar o montante de OD consumido pela matéria orgânica em cinco dias, período padrão da DBO<sub>5</sub>, é conhecer a demanda total de consumo de oxigênio dessa amostra, a DBO<sub>u</sub>. A estimativa da DBO<sub>u</sub>, de acordo com Von Sperling (2007), pode ser obtida com a utilização de equações diferenciais, que expressam uma reação cinética de primeira ordem.

O coeficiente  $k_1$  é um parâmetro de grande importância na modelagem do oxigênio dissolvido e depende do tipo da matéria orgânica e do grau de tratamento, além da temperatura e da presença de substâncias inibidoras. Em função do exposto, o objetivo do presente trabalho foi quantificar o coeficiente de desoxigenação das águas de uma bacia urbanizada, Ribeirão Vermelho, a jusante dos pontos de confluência com seus principais afluentes, para três trechos do curso de água, comparando os resultados obtidos a outros estudos desenvolvidos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho está localizada na Mesorregião Sul do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas 21°11' a 21°16' de latitude Sul e 44°57' a 45°03' de longitude Oeste, sendo o curso de água principal da bacia hidrográfica e afluente do Rio Grande, recebendo as águas provenientes da drenagem urbana e de esgotamento sanitário da cidade de Lavras (Figura 1). Apesar da cidade de Lavras possuir duas estações de tratamento de esgoto doméstico, parte do esgoto é lançada de forma clandestina ao longo do percurso no Ribeirão Vermelho e seus afluentes.



**Figura 1. Localização da micro bacia do Ribeirão Vermelho e dos pontos de coletas.**

Para a determinação do coeficiente de desoxigenação ( $k_1$ ) foram coletadas amostras de água em 3 pontos após a mistura do rio principal com os afluentes. A amostragem foi do tipo manual e as amostras foram coletadas próximas à superfície, em função da pequena profundidade dos cursos de água. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Água do Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Além da OD, DBO e  $k_1$ , foram avaliadas a temperatura da água, medida in loco utilizando de um termômetro de mercúrio, a profundidade e a velocidade média de escoamento da água no canal e a vazão em cada trecho do ribeirão. As altitudes de cada ponto foram obtidas por meio do GPS.

Na determinação do OD e da DBO, empregou-se o método iodométrico (APHA et al., 2005). Para determinação do  $k_1$ , foram calculados valores de DBO exercida em 20 dias seguidos, a fim de estimar a taxa de desoxigenação, segundo descrito por von Sperling (2007). Após a avaliação da DBO nos 20 dias, foi construída uma curva teórica, por método de regressão não linear, ajustada aos vários valores dos pontos amostrais de tempo e de DBO. Em seguida, por meio da regressão não linear, obteve-se os valores de  $k_1$  a partir das Equações 1 e 2.

$$(L_t/L_0) = e^{-k_1 t} \quad (1)$$

$$y = L_0 \cdot (1 - e^{-k_1 t}) \quad (2)$$

em que:  $L_t$ =DBO remanescente em um tempo  $t$  qualquer ( $\text{mg L}^{-1}$ );  $L_0$ =DBO remanescente em tempo  $t=0$  ( $\text{mg L}^{-1}$ );  $t$ =tempo (dias);  $k_1$ =coeficiente de desoxigenação ( $\text{d}^{-1}$ ) e  $y$ =DBO exercida em um tempo  $t$  ( $\text{mg L}^{-1}$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A constante de velocidade de desoxigenação ( $k_1$ ) foi calculado a partir de dados do teste de DBO e ajustadas segundo as curvas correspondentes utilizando do método proposto por Thomas (1950), e do ajuste de temperatura proposto por Tebbut (1998). Os coeficientes de desoxigenação obtidos para o período chuvoso estão dentro dos valores encontrados por outros autores para esgoto doméstico e efluentes secundários (Tebbut, 1998; Almeida, 2006; Von Sperling, 2007; Formentini, 2010; Santos et al., 2011), como pode-se visualizar na Tabela 1.

**Tabela 1. Valores médios da constante de velocidade de desoxigenação ( $k_1$ ) em cada seção de amostragem, com a respectiva demanda bioquímica de oxigênio obtida em 5 dias ( $\text{DBO}_5$ ), e a demanda bioquímica de oxigênio última ( $\text{DBO}_u$ ).**

AMOSTRA	$k_1$	$\text{DBO}_5$	$\text{DBO}_u$
Trecho 1	0,13	33	73
Trecho 2	0,11	47	109
Trecho 3	0,10	30	99

Para os trechos I e II do Ribeirão Vermelho, verificou-se maiores valores de  $k_1$  e da  $\text{DBO}_5$ . O trecho III, no entanto, possui taxa de estabilização mais lenta em comparação aos demais trechos. Provavelmente, este comportamento ocorre devido ao fato de ser um trecho com o menor grau de urbanização com menor ocorrência de lançamentos de efluentes, localizado em áreas predominantemente rurais, onde a contribuição orgânica é menor, justificado pelos menores valores de  $\text{DBO}_5$  observados. Além do menor aporte de matéria orgânica no trecho III, a contribuição advinda dos trechos I e II passaram por processo de degradação, e a matéria orgânica avaliada neste ponto passou a ser menos biodegradável.

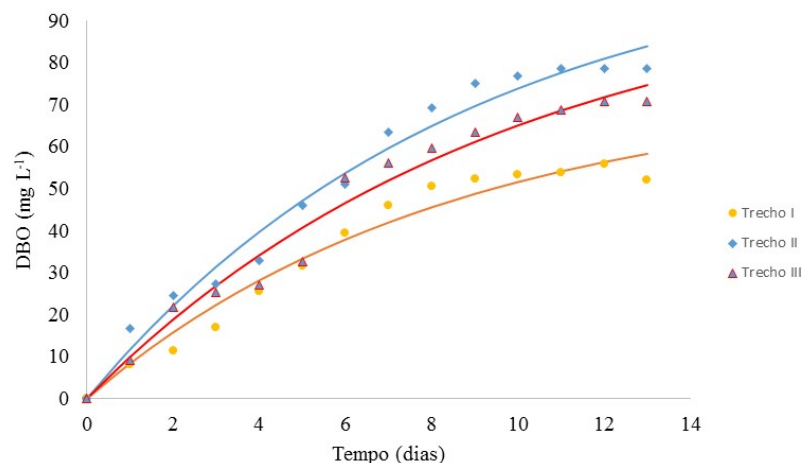
Em contraste, o maior valor de  $k_1$  encontrado foi para o trecho I, apresentando o maior grau de urbanização em relação aos outros trechos observados (Figura 1). Quanto mais fresca ou lábil a matéria orgânica presente no curso de água, maior a taxa de decaimento da DBO (Von Sperling, 2007).

Santos et al. (2011) avaliando alguns efluentes do rio Turvo sujo, encontrou valores de  $k_1$  variando entre de 0,20 a 0,29  $\text{d}^{-1}$ , respectivamente, em trechos que apresentaram maiores valores de  $\text{DBO}_5$ . Em seu trabalho, observou-se visivelmente que as amostras que apresentaram menores valores de  $k_1$ , mostraram uma taxa de estabilização de matéria orgânica mais lenta, implicando em uma  $\text{DBO}_u$  mais elevada. Em oposição, as amostras que apresentaram os valores de  $k_1$  mais elevados degradaram praticamente toda a matéria orgânica ao final de 20 dias. Nunes et al., (2013) encontraram valores superiores de  $k_1$  para o rio Turvo Sujo (0,10 a 0,42  $\text{d}^{-1}$ ). Segundo esses autores, os altos valores de  $k_1$  encontrados justificaram devido às maiores concentrações de  $\text{DBO}_5$  oriundas do lançamento da matéria orgânica.

Formentini (2010) estudando alguns trechos do rio Vacacaí Mirim, encontrou valores de coeficiente de desoxigenação que variaram entre 0,15 e 0,27  $\text{d}^{-1}$ , para o mesmo período estudado. Os valores de  $k_1$  para a seção de característica predominantemente urbana apresentaram pouca variação (0,22 a 0,24  $\text{d}^{-1}$ ) sendo que a  $\text{DBO}_5$  e  $\text{DBO}_u$  deste ponto foram consideravelmente mais elevadas que nos outros pontos estudados. Almeida

(2006) trabalhando na bacia hidrográfica do rio Pomba, verificou que o coeficiente de desoxigenação  $k_1$ , obtido pelo mesmo método utilizado no presente estudo, variou entre 0,13 a 0,24  $d^{-1}$  para período chuvoso. Esses valores denotam um comportamento semelhante ao encontrado para o rio Turvo Sujo como também os valores encontrados neste estudo.

Comparando os valores obtidos em campo e apresentados na Tabela 1 com os valores genéricos apresentados por Von Sperling (2007) para vários tipos de efluentes e águas, os trechos avaliados podem-se classificar como cursos d'água com águas limpas, apesar de ter apresentados valores de  $DBO_u$  diferentes (Figura 2).



**Figura 2. Curva da progressão da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) exercida com o tempo, em amostras de água coletadas em três diferentes trechos no Ribeirão Vermelho no período chuvoso.**

## CONCLUSÕES

O Ribeirão Vermelho apresenta baixa capacidade de autodepuração nos trechos analisados, devido aos baixos valores de  $k_1$  (0,10 a 0,13  $d^{-1}$ ) possuindo menor taxa de estabilização, implicando em uma  $DBO_u$  elevada para o período chuvoso.

## REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, T.V. Índice de qualidade da água e coeficientes de autodepuração de trechos do Rio Pomba. 2006, 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2006
2. American Public Health Association – APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC: Editora Amer Public Health Assn, 2005, 1325 p.
3. FORMENTINI, T. A. Coeficientes de desoxigenação e de reaeração superficial em trechos do rio Vacacaí Mirim. 2010 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2010.
4. NUNES, D.G.; MATOS, A.T.; SILVA, D.D.; FARAGE, J.A. Coeficientes de desoxigenação e de reaeração em trechos do rio turvo sujo. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais... Bento Gonçalves, 2013.
5. SANTOS, A.R.; EUGENIO, F.C.; SAITO, N.S.; PELUZIO, T.M.O.; SEDIYANA, G.C. Caracterização química, física e bioquímica dos três principais cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo-MG. Engenharia Ambiental, v.8, n.3, p.71-84, 2011.
6. TEBBUT, T.H.Y. Principles of Water Quality Control. London: Butterworth – Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford, 1998, 289p.
7. THOMAS, H.A. Graphical determination of BOD rate constants. Water Sewage Works, v.97, p.123-124, 1950.
8. VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: DESA/UFGM, 2007, 588p.