

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO: INTERFERÊNCIAS OCASIONADAS PELA DILUIÇÃO DAS AMOSTRAS

Camila Nunes Dantas¹; Lilian de Jesus Brito²; Luciana Lima Silva Santos²; Flavia Mariani Barros³ & Danilo Paulucio da Silva³

Abstract: The Biochemical Oxygen Demand (BOD) test indirectly indicates the concentration of biodegradable organic matter through the oxygen demand exerted by microorganisms through respiration. It is a standard test performed at a constant temperature of 20°C and for an incubation period of 5 days. Thus, the objective of this study was to evaluate how inadequate dilution of samples with a high organic load interferes with BOD values. The research was carried out at the Pollutant Dispersion Laboratory (LADIP) of the State University of Southwest Bahia (UESB) – Itapetinga campus. Tests were performed with dairy effluent samples and samples prepared as raw cow's milk. The results obtained were compared with the parameters established by NBR 12614/1992, which establishes criteria that must be met to validate the BOD calculation. The data obtained with the dilutions established for the tests performed with dairy effluent samples did not meet all the standards established by NBR 12614/1992 for validation of BOD calculation. The samples with whole cow's milk prepared with dilutions of 1:800 and 1:1000 presented the parameters of depletion, residual oxygen and oxygen consumption within the limits established by the standard, being capable of being used for the calculation of BOD.

Keywords – Organic load; oxygen consumption; oxygen depletion.

Resumo: O teste de Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) indica, indiretamente, a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio exercida por microrganismos por meio da respiração, sendo um teste padrão, realizado a uma temperatura constante de 20°C e por um período de incubação de 5 dias. Dessa forma, com esse estudo, objetivou-se avaliar como a diluição inadequada de amostras com grande carga orgânica interferem nos valores da DBO. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Dispersão de Poluentes (LADIP) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) – campus de Itapetinga. Foram realizados testes com amostras de efluente de laticínio e amostras preparadas como leite de vaca *in natura*. Os resultados obtidos foram comparados com os parâmetros estabelecidos pela NBR 12614/1992, a qual estabelece critérios que devem ser atendidos para validação do cálculo de DBO. Os dados obtidos com as diluições estabelecidas para os testes realizados com amostras de efluente de laticínio não atenderam a todos os padrões estabelecidos pela NBR 12614/1992 para validação do cálculo de DBO. As amostras com leite integral de vaca preparadas com diluições de 1:800 e 1:1000 apresentaram os parâmetros de depleção, oxigênio residual e consumo de oxigênio dentro dos limites estabelecidos pela norma, sendo passíveis de utilização para o cálculo de DBO.

Palavras-Chave – Carga orgânica; consumo de oxigênio; depleção de oxigênio.

1) Engenheira ambiental, mestre em ciências ambientais. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, BR 415, Itapetinga, cep 45700-000, (77)32618600. camyla.lr@gmail.com

2) Discentes do curso de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, BR 415, Itapetinga, cep 45700-000, (77)32618600. 201911728@uesb.edu.br; 201911752@uesb.edu.br

3) Professores Plenos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, DCEN, BR 415, Itapetinga, cep 45700-000. (77) 32618600 fbarros@uesb.edu.br; dpaulucio@uesb.edu.br

INTRODUÇÃO

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) representa a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos presentes em uma determinada amostra, como por exemplo, o esgoto doméstico e o industrial, para degradar o material orgânico biodegradável e indica, de forma indireta, a quantidade de matéria orgânica presente nas águas resíduárias ou superficiais (Valente et al., 1997).

A DBO configura-se como uma ferramenta indispensável nos estudos de autodepuração dos cursos d'água, além de integrar os parâmetros dos índices de qualidade das águas (Muller, 2002). Além disso, a DBO é um parâmetro fundamental no campo do tratamento de esgotos, para o controle da eficiência das estações, tanto as de tratamento biológicos aeróbios e anaeróbios, quanto nas físico-químicas.

Na legislação Federal, com as Resoluções nº 357 de 17 de março de 2005 e nº 430 de maio de 2011, do CONAMA, são impostos os limites máximos de DBO em corpos de água (sendo esse valor de até 5mg/L para águas doces classe 2) e em lançamentos de efluentes (sendo o valor máximo de DBO para o lançamento de 120 mg/L ou remoção de 60% da DBO no sistema de tratamento).

É de fundamental importância garantir que os testes laboratoriais de DBO tenham alto nível de assertividade e precisão analítica, uma vez que a concentração de matéria orgânica estabelece diretrizes para diversos procedimentos, incluindo a regulação do lançamento de efluentes, práticas de reuso de água, critérios de dimensionamento de Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) e considerações sobre a tratabilidade dos efluentes, entre outros aspectos.

A análise de DBO consiste em medidas da concentração de oxigênio dissolvido nas amostras, diluídas ou não, antes e após um período de incubação de cinco dias a 20°C. Nesse período, ocorrerá redução do teor de oxigênio dissolvido na água, consumido para satisfazer as reações bioquímicas de decomposição de compostos orgânicos biodegradáveis. Com isso, quanto maior for a quantidade de matéria orgânica biodegradável nas amostras, maior será o consumo de oxigênio durante os cinco dias de incubação e, portanto, maior será o valor da DBO. Existem variações do método de quantificação da DBO, adaptando-o aos diferentes tipos de amostras, sendo eles determinados pela NBR 12614/1992.

As diluições de amostras muito poluídas para a quantificação da DBO são realizadas devido a estes tipos de amostras possuírem uma elevada carga orgânica, o que faz com que o oxigênio presente seja pouco ou inexistente, sendo necessário realizar a diluição, fazendo com tenha-se mais oxigênio naquele meio e assegurando que a amostra possua oxigênio suficiente para que os microrganismos realizem a degradação da matéria orgânica.

As diluições devem ser realizadas conforme normas estabelecidas, a exemplo da NBR 12614/1992 e APHA et al. (2017). Antes da realização das diluições é preciso que a amostra tenha uma temperatura de $20 \pm 3^\circ\text{C}$. Para a água de diluição, é recomendado pelo menos três diluições para a amostra para que no final do teste produza, pelo menos uma diluição que resulte em um OD residual maior que $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ e o consumo de OD de maior que $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ após os cinco dias de incubação. Isso se justifica porque o consumo de oxigênio maior que 2 mg L^{-1} faz-se necessário para proporcionar uma medida significativa de consumo de oxigênio e o OD residual maior que $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ deve permanecer para garantir que as taxas de oxidação dos constituintes dos resíduos não sejam limitadas por OD insuficiente (APHA et al., 2017).

De acordo APHA et al. (2017) quando não se possui um conhecimento prévio, recomenda-se a utilização das porcentagens de águas ao preparar diluições: 0,01 a 1,0% para resíduos industriais fortes, 1 a 5% para águas resíduais brutas e sedimentadas, 5 a 25% para efluentes tratados biologicamente e 25 a 100% para as águas poluídas dos rios. Além disso, em casos em que o cilindro ou frasco contiver mais que 67% da amostra após a diluição, os nutrientes podem ser restritos na amostra diluída e, na sequência, diminuir a atividade biológica (APHA et al., 2017). Para tais

amostras, devem ser inseridas as soluções nutritivas, minerais e tampão diretamente na amostra diluída ou devem ser usadas soluções preparadas comercialmente projetadas para dosar o tamanho apropriado do recipiente (APHA *et al.*, 2017).

Tendo em vista a importância da DBO e as práticas de diluições utilizadas na análise desta, objetivou-se com esse trabalho avaliar como a diluição inadequada de amostras com alta carga orgânica interferem nos valores da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e suas implicações.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Dispersão de Poluentes da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), campus de Itapetinga. Foram utilizados dois tipos de amostras para o experimento, a fim de encontrar as diluições que atendessem aos padrões estabelecidos pela NBR 12614/1992: 1) Efluente de laticínio localizado no município de Itapetinga e 2) Leite de vaca *in natura*.

Para o estabelecimento das diluições das amostras foram realizados pré-testes onde as três repetições para os testes só eram aplicadas quando eram encontradas condições mais próximas das estabelecidas para as análises da DBO na NBR 12614/1992 que determina que a amostra diluída para o cálculo da DBO deve apresentar um consumo de 40% a 70% da quantidade inicial de oxigênio, devem apresentar no mínimo 1mg L⁻¹ de oxigênio dissolvido após cinco dias de incubação, e o consumo mínimo de oxigênio deve ser superior a 2 mg L⁻¹.

Desta forma, para o efluente do laticínio foram utilizadas as seguintes diluições: 1:100, 1:500, 1:1000. Para o leite de vaca *in natura* foram utilizadas as diluições de 1:800, 1:1000, 1:1500 e 1:2000. Para cada amostra foram feitas três repetições.

As amostras foram preparadas em pares, sendo utilizada uma para quantificar o oxigênio dissolvido no dia zero e outra no quinto dia (DBO_{5,20}). As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) na água foram determinadas segundo o método de Winkler Modificado pela azida sódica (APHA *et al.*, 2017). O cálculo da concentração de OD, foi realizado de acordo com a equação 1 segundo metodologia descrita (APHA *et al.*, 2017):

$$OD = \left(\frac{V_t * N * f * 8.000}{V_{am}} \right) \quad (1)$$

Em que:

OD = concentração de oxigênio dissolvido (mg L⁻¹);

Vt = volume de tiosulfato de sódio gasto na titulação (mL);

N = normalidade do tiosulfato de sódio (molc L⁻¹);

f = fator de correção da solução e tiosulfato de sódio; e Vam = volume de amostra (mL).

O consumo de oxigênio, foi calculado utilizando a equação 2, conforme determina a NBR 12614/1992:

$$\% O_2 \text{ consumido} = \left(\frac{OD_i - OD_5 * 100}{OD_i} \right) \quad (2)$$

Em que:

% O₂ consumido = porcentagem do consumo de oxigênio (%);

OD_i = oxigênio dissolvido inicial da amostra determinado antes da incubação (mg L⁻¹);

OD₅ = oxigênio dissolvido da amostra determinado após cinco dias de incubação a 20°C (mg L⁻¹).

A depleção foi calculada de acordo estabelece a NBR 12614/1992 (equação 3):

$$\text{Depleção} = \text{OD}_0 - \text{OD}_5 \quad (3)$$

Em que:

OD_0 = oxigênio dissolvido inicial da amostra determinado antes da incubação (mg L^{-1});
 OD_5 = oxigênio dissolvido da amostra determinado após cinco dias de incubação a 20°C (mg L^{-1}).

Os resultados obtidos foram comparados com os parâmetros estabelecidos pela NBR 12614/1992, a qual estabelece critérios que devem ser atendidos para validação do cálculo de DBO, para a verificação de quais diluições atendiam aos critérios mencionados na NBR, sendo eles a depleção (consumo de 40% a 70% da quantidade inicial de oxigênio), o oxigênio residual (devem apresentar no mínimo 1mg L^{-1} de oxigênio dissolvido após cinco dias de incubação) e o consumo de oxigênio (consumo mínimo de oxigênio deve ser superior a 2 mg L^{-1}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Valores de depleção, oxigênio residual e consumo de oxigênio dissolvido do efluente de laticínio estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Média ± desvio-padrão dos valores de depleção, oxigênio residual e consumo de oxigênio dissolvido com amostra preparados com o efluente de laticínio.

PARÂMETROS	CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELA NBR 12614/1992	VALORES ENCONTRADOS NOS TESTES		
		1:100	1:500	1:1000
Depleção (mg L^{-1})	> 2	5,5	0,05	1,1
Residual (mg L^{-1})	≥ 1	1,1	6,8	5,9
Consumo (%)	40 a 70	83,2	0,7	15,4

De acordo com os dados da Tabela 1 a diluição de 1:100 atendeu aos critérios de depleção e oxigênio residual, tendo obtido $5,5\text{ mg L}^{-1}$ e $1,1\text{ mg L}^{-1}$, respectivamente, entretanto o consumo de oxigênio dissolvido ficou acima de 70%, não sendo atendido esse parâmetro e com isso sua utilização não é recomendada para o cálculo de DBO. As demais diluições atenderam apenas o critério de oxigênio residual. As diferenças observadas entre os valores obtidos apresentados nas Tabelas 1 e e os pré-testes, para a mesma diluição 1:100 se devem a composição do efluente que era muito variável na indústria de laticínios utilizada nessa pesquisa. Isso sustenta a importância de que, quando for proceder os testes de DBO, sejam feitas análises prévias com o objetivo de saber se as diluições atendem as normas da NBR a fim de não ocasionar valores de DBO irreais.

Na Tabela 2 estão apresentados os dados referentes aos testes realizados com amostras preparadas utilizando o leite *in natura* de vaca.

Tabela 2 – Média ± desvio-padrão dos valores de depleção, oxigênio residual e consumo de oxigênio dissolvido com amostras preparadas com o leite integral de vaca.

PARÂMETROS	CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELA NBR 12614/1992	VALORES ENCONTRADOS NOS TESTES			
		1:800	1:1000	1:1500	1:2000
Depleção (mg L^{-1})	> 2	$4,1 \pm 0,61$	$3,1 \pm 0,09$	$2,2 \pm 0,51$	$1,5 \pm 0,21$
Residual (mg L^{-1})	≥ 1	$3,2 \pm 0,137$	$4,2 \pm 0,14$	$5,0 \pm 0,57$	$5,6 \pm 0,70$
Consumo (%)	40 a 70	$55,7 \pm 4,65$	$41,9 \pm 1,42$	$30,2 \pm 7,29$	$21,5 \pm 2,38$

Com relação aos resultados obtidos com a preparação de amostras utilizando o leite integral de vaca (Tabela 2) pode-se notar que as diluições de 1:800 e 1:1000 atenderam a todos os critérios estabelecidos pela norma, obtendo para a diluição de 1:800 valores de $4,1\text{ mg L}^{-1}$, $3,2\text{ mg L}^{-1}$ e $55,7\%$

para depleção, oxigênio residual e consumo de oxigênio, respectivamente. E os valores de $3,1 \text{ mg L}^{-1}$, $4,2 \text{ mg L}^{-1}$ e 41,9% para depleção, oxigênio residual e consumo de oxigênio, respectivamente, para a diluição de 1:1000.

As diluições de 1:1500 e 1:2000 atenderam aos parâmetros de depleção e residual de oxigênio, porém o consumo final de oxigênio ficou abaixo dos 40 %, sendo preconizado pela norma NBR 12614/1992 valores de consumo entre 40 e 70 %.

Segundo von Sperling (2002) observa-se que existe uma grande variação entre inúmeros parâmetros, o que dificulta um tratamento uniformizado para os diferentes poluidores industriais e as ações de fiscalização dos órgãos ambientais, normalmente centradas nos padrões de lançamento. Dessa maneira, é necessário conhecer as características e processos de cada tipo de atividade e efluente. Sendo que caso seja utilizada uma diluição incorreta para o cálculo da DBO e que não obedeça aos parâmetros estabelecidos pela norma NBR 12614/1992 os valores de DBO não expressariam a real característica do efluente podendo ocasionar em erros, como por exemplo, não expressar o verdadeiro grau de poluição da água resíduária, medida de eficiência de estações de tratamento de efluentes incorretas, dentre outros.

Desta maneira, é de extrema importância, nos laboratórios que fazem a análise de DBO, que o técnico seja treinado para manipular as diluições previamente, estabelecendo a quantidade de amostra mais adequada para o teste que cumpra os requisitos da NBR 12614/1992.

CONCLUSÃO

De acordo com os dados obtidos, os testes realizados com diluições para as amostras de efluentes de laticínio não atenderam a todos os padrões estabelecidos pela NBR 12614/1992 para escolha e validação do cálculo de DBO.

Nas amostras preparadas com leite de vaca *in natura* as proporções de água e efluente foram padronizadas e com isso obteve-se que as diluições de 1:800 e 1:1000 apresentaram os parâmetros de depleção, oxigênio residual e consumo de oxigênio dentro dos limites estabelecidos pela NBR 12614/1992, sendo assim passíveis de utilização para o cálculo de DBO.

Faz-se necessário conhecer as características e processos de cada tipo de atividade e seus efluentes gerados, fazendo-se análises prévias para verificar se o efluente necessita ou não de diluição e se esta for utilizada o técnico de laboratório deve estar atento visto que caso se utilizar uma diluição que não atenda aos critérios estabelecidos pela norma NBR 12614/1992, podem ocorrer erros nos valores de DBO e com isso ocasionar avaliações equivocadas desse efluente e eficiências em estações de tratamento.

Visto que a DBO é um parâmetro importante para se dimensionar e avaliar a eficiência de estações de tratamento de efluentes, além de servir como critério para lançamento de efluentes em corpos de água é de extrema importância se atentar às questões referentes à análise da mesma frente a correta diluição das amostras, quando necessário, preconizando o que está descrito na NBR 12614/1992.

REFERÊNCIAS

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF, WATER ENVIRONMENT FEDERATION. (20217). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23rd. ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1992). *NBR 12614: Águas – Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – Método de incubação (20°C, cinco dias)*. Rio de Janeiro.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005*. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2023.

MULLER. A. C. (2002) *Introdução à Ciência Ambiental*, PUC-PR Curitiba-PA, 98p.

VALENTE, J. P. S., PADILHA, P. M., SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. *Eclética Química*. Fundação Editora da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, v. 22, p. 49-66, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-46701997000100005>

von SPERLING, M. (2002) *Princípios de tratamento biológico de águas residuárias: lagoas de estabilização*. 3.ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG Belo Horizonte-MG, 196p.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia pelos recursos financeiros, espaço e estrutura concedidos para a realização da pesquisa. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB pelo apoio financeiro concedido para a realização desta pesquisa.