

SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE AUTODEPURAÇÃO DE UMA FONTE DE POLUIÇÃO PONTUAL EM UM CORPO RECEPTOR

Andressa Corso (*), Fábio Orssatto, Gabriel Taccolini Papp, Daiane Teixeira Schier

* Universidade Tecnológica Federal do Paraná (andressa.c.corso@gmail.com).

RESUMO

É crescente a preocupação com poluição dos corpos hídricos que recebem efluentes provenientes de atividades industriais, para avaliar a situação dos corpos receptores de efluentes, faz-se necessário uma avaliação da qualidade da água desses. Assim o presente estudo teve como objetivo, avaliar a qualidade de água de um corpo receptor, por meio da caracterização da concentração de matéria orgânica lançada por uma fonte de poluição pontual, de uma agroindústria de abatedouros e frigoríficos. Foram realizadas quatro campanhas para o monitoramento em oito pontos de amostragem, com o objetivo de determinar os possíveis impactos que esse lançamento pode ocasionar na qualidade da água do corpo receptor. Também foi possível realizar o monitoramento de parâmetros físico-químicos, os quais foram comparados com as legislações pertinentes. A partir dos dados coletados foi possível simular o processo de autodepuração da matéria orgânica, em um trecho do corpo receptor, com base no modelo de Streeter-Phelps, o qual se mostrou eficiente para simular as concentrações de oxigênio dissolvido ao longo do percurso estudado. Foi possível observar que, o trecho do rio está bastante afetado decorrente do recebimento do despejo de efluente da agroindústria, porém outras fontes de poluição são responsáveis pela degradação do corpo hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição hídrica, Matéria orgânica, Autodepuração, Streeter-Phelps.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para a sobrevivência humana, e pode ser utilizada para diversas finalidades como: geração de energia, abastecimento doméstico e industrial, recreação, irrigação, pesca entre outros. Embora a água seja um recurso renovável, nem sempre é encontrada em condições adequadas para uso, pois, a expansão das atividades industriais resulta em um consumo exacerbado e até mesmo a escassez de água de qualidade em algumas regiões. Após a utilização, suas características são alteradas, acarretando na geração de efluentes domésticos, sanitário e industriais. Estes efluentes se descartados de maneira inadequada, ou sem um tratamento eficaz para a remoção dos poluentes, acabam gerando danos ambientais aos corpos receptores.

Dentre as diversas atividades industriais que geram efluentes, podemos citar as indústrias de abatedouros e frigoríficos, que utilizam uma elevada quantidade de água em seus processos industriais, que em sua grande maioria é descartada como efluente líquido em corpos da água. Estes despejos podem alterar as características físicas, químicas e biológicas do corpo receptor. De maneira geral, os efluentes oriundos de abatedouros e frigoríficos possuem uma elevada concentração de matéria orgânica, que pode afetar o processo natural de autodepuração dos rios, devido ao elevado consumo de oxigênio dissolvido que as bactérias requerem para depurar a matéria orgânica (SALLA et al., 2013).

A presença de matéria orgânica nos efluentes lançados nos corpos hídricos, assim como o consumo de oxigênio estão associados ao fenômeno de autodepuração, o qual é definido como sendo a capacidade de um corpo hídrico em restabelecer suas condições originais, de maneira natural, após sofrer modificações em sua qualidade provocada pelos despejos de efluentes (LEITE, 2005).

O nível de diluição dos poluentes influencia na capacidade de autodepuração do corpo hídrico, pois, se uma mesma quantidade de matéria orgânica for lançada em baixa vazão de efluente, o corpo receptor reagirá de maneira negativa quando comparada a uma maior vazão de efluente, onde a matéria orgânica se encontra mais diluída. Portanto, se faz necessário estudar e conhecer a capacidade de autodepuração de cada corpo hídrico, ou seja, conhecer o limite máximo de recebimento de efluente que um rio suporta, sem prejudicar suas características iniciais (ANDRADE, 2010).

Para isto são utilizados modelos matemáticos de qualidade da água, que auxiliam no controle e proteção dos corpos hídricos. Esse controle é realizado por meio da simulação dos processos hidrológicos, físicos, químicos e biológicos que acontecem no rio, ou seja, simulam condições reais que poderiam ocorrer por meio da aplicação ou diminuição dos poluentes que são despejados nos recursos hídricos. A escolha do modelo a ser adotado para estudo depende da limitação de cada modelo e da disponibilidade de dados, pois, quanto maior a quantidade de dados, mais complexo pode ser o modelo matemático a ser usado. O modelo de Streeter-Phelps, é amplamente utilizado para avaliar o grau de poluição de um rio e sua capacidade de autodepuração (MORAIS, 2012).

De acordo com Silva (2005), o modelo Streeter-Phelps calcula o perfil de oxigênio dissolvido após o despejo de matéria orgânica, supondo que estes parâmetros estejam uniformemente distribuídos ao longo do rio. Sendo aplicado em estudos onde o escoamento da água se encontra em regime permanente e uniforme, desprezando os efeitos causados pela dispersão longitudinal do recurso hídrico. Este modelo também considera, que o lançamento de um determinado efluente é constante e contínuo.

Visto que cada corpo receptor possui uma capacidade de recebimento de poluentes, os efluentes devem passar por um tratamento adequado antes de seu despejo, de modo a se enquadrarem nos padrões de lançamento a nível nacional, estabelecidos pelas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 430/2011 e a nível estadual, nesse caso, a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMA) nº 70/2009. Já a qualidade da água do corpo receptor após o lançamento dos efluentes, deve se enquadrar na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, que estabelece padrões de qualidade dos corpos d'água de acordo com a classe do rio. Neste contexto, o presente estudo permitirá avaliar as possíveis interferências que uma fonte de lançamento pontual, causa na qualidade de um corpo receptor.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi simular o processo de autodepuração em um trecho de um corpo hídrico, que recebe despejos de uma estação de tratamento de efluentes de uma agroindústria de abatedouro e frigoríficos.

METODOLOGIA

O estudo realizou-se no trecho de um corpo receptor, o qual recebe despejos de efluente proveniente de uma agroindústria de abate de suínos. O tratamento deste efluente é baseado em um tratamento convencional, tratamento preliminar, primário, tratamento secundário, em seguida o efluente é encaminhado para um pós-tratamento físico-químico (coagulação/ floculação) e por fim é despejado no corpo receptor, com um volume próximo de $150 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

Atualmente o trecho em estudo desse rio está classificado como classe 3. Os rios de classe 3 podem ser destinados ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, a irrigação, a pesca, a recreação de contato secundário e a dessedentação de animais, conforme dispõe a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Para realização do estudo, foram efetuadas coletas de amostra da água do rio, bem como do efluente tratado. O intervalo entre as coletas foi de aproximadamente 20 dias, resultando em quatro campanhas. As coletas foram realizadas em 8 pontos, sendo P1 (cerca de 100 metros a montante do ponto de lançamento), P2 (efluente tratado), P3 (cerca de 100 metros a jusante do ponto de lançamento), P4 (cerca de 200 metros a jusante do lançamento), P5 (cerca de 300 metros jusante a partir do lançamento), P6 (cerca de 400 metros a jusante do ponto de lançamento), P7 (cerca de 600 metros jusante do lançamento) e P8 (cerca de 800 metros depois do ponto de lançamento). Para cada ponto foi coletado 1 litro de amostra, o qual foi armazenado e acondicionado seguindo as recomendações da NBR 9898 (ABNT, 1987) para coleta, preservação de amostras de efluentes líquidos industriais.

Em cada ponto de coleta realizou-se de imediato as análises de temperatura e oxigênio dissolvido, com auxílio de uma sonda multiparâmetros. Em laboratório, foram realizadas as análises de Demanda Química de Oxigênio (DQO) (Método do refluxo aberto, seguindo a metodologia proposta por APHA et al., 2012) e pH.

Para simular a autodepuração do trecho em estudo desse rio, utilizou-se o modelo de Streeter-Phelps descrito em Von Sperling (2014). Para realizar a modelagem, foi adotada uma relação DQO (Demanda Química de Oxigênio) /DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) de 2,67, valor obtido por Schütz (2014) e usado por Silva (2016) para estudos em trechos próximos do rio. A utilização desta relação permitiu utilizar dados de DQO no modelo de Streeter-Phelps. Também se utilizaram valores médios de vazão e velocidade de do rio segundo estes mesmos autores, sendo $0,1 \text{ m s}^{-1}$ e $0,37 \text{ m s}^{-1}$ respectivamente.

Foram adotados valores para os coeficientes K_1 e K_2 de acordo com Von Sperling (1996), pois, não foi possível obter um valor experimental para ambos. Sendo $0,18 \text{ d}^{-1}$ para o coeficiente de desoxigenação (K_1) e para o coeficiente de reaeração (K_2) foi adotado o valor de $0,7 \text{ d}^{-1}$. Os coeficientes foram ajustados em função da temperatura do rio em cada campanha. Para a realização do cálculo, foram feitos uso também dos valores de oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio nos pontos estabelecidos.

RESULTADOS

Os resultados das análises físico-químicas obtidos nas quatro campanhas, para os oito pontos de coleta estão dispostos na Tabela 1. Na primeira campanha os pontos 3, 4 e 5 foram descartados, devido a mudanças na localização dos pontos.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos analisados. Unidades: pH (unidades de pH); Oxigênio Dissolvido (mg L⁻¹); Temperatura (°C). (* pontos descartados na primeira campanha). Fonte: Autor do trabalho.

Ponto de coleta	Parâmetros	Campanhas			
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
P1	pH	6,6	6,3	6,1	6,1
	Oxigênio Dissolvido	8,7	7,9	8,1	8,2
	Temperatura	22,7	21,3	24,1	20,1
P2	pH	8,2	8,8	8,1	8,1
	Oxigênio Dissolvido	8,3	6,6	6,3	6,6
	Temperatura	28,9	25,3	27	23,6
P3	pH	*	7,3	7,3	7
	Oxigênio Dissolvido	*	7	7,7	7,7
	Temperatura	*	21,3	22	20,3
P4	pH	*	7,2	7,3	6,9
	Oxigênio Dissolvido	*	7,5	7,4	7,8
	Temperatura	*	21,2	21,8	20
P5	pH	*	7,6	7,1	6,8
	Oxigênio Dissolvido	*	7,1	7,4	7,8
	Temperatura	*	21,1	21,7	20,1
P6	pH	7,5	7,6	7	6,6
	Oxigênio Dissolvido	7,5	7,3	7,4	8,3
	Temperatura	23,7	21,1	21,7	20
P7	pH	7,7	7,8	6,6	6,5
	Oxigênio Dissolvido	6,7	6,7	7	8,2
	Temperatura	23,6	21,3	21,6	20,1
P8	pH	7,7	7,8	7,1	6,3
	Oxigênio Dissolvido	6,6	7,9	8	8,9
	Temperatura	23,3	21,2	21,6	20,3

Pode-se observar valores de pH mais baixos no ponto 1 em todas as campanhas, que é justificado por ser o ponto a montante do lançamento de efluente. Ao analisar os valores de pH para os sete pontos de amostragem ao longo do trecho do rio, percebe-se variações de 6,23 a 7,87, valores que estão de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005 para um rio classe 3. O efluente final tratado pela agroindústria, apresentou valores de pH que variam de 8,1 a 8,8, variação que se encontra dentro dos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 430/2011, onde o efluente a ser despejado em corpos hídricos deve possuir pH entre 5,0 a 9,0.

De acordo com a Resolução CONAMA n° 430/2011, a temperatura do efluente lançado em corpos hídricos deve ser inferior a 40 °C, nota-se que exigência da legislação está sendo atendida, com lançamentos que variam de 23,6 a 28,9°C. Os resultados das análises de oxigênio dissolvido, dos pontos amostrados ao longo do trecho do rio, estão de acordo com os padrões da Resolução CONAMA n° 357/2005 para um rio classe 3, que padroniza concentrações de oxigênio dissolvido em qualquer amostra não inferior a 4 mg L⁻¹.

Este trabalho buscou estudar a capacidade de autodepuração de um trecho do rio, que recebe despejo de uma fonte de poluição pontual. Para isto foi utilizado o modelo de Streeter-Phelps, com base no oxigênio dissolvido e na DBO. Tendo em vista os dados de entrada necessários para aplicação do modelo de Streeter-Phelps, foi possível obter o perfil de oxigênio dissolvido *versus* distância para as quatro campanhas realizadas (Figura 1).

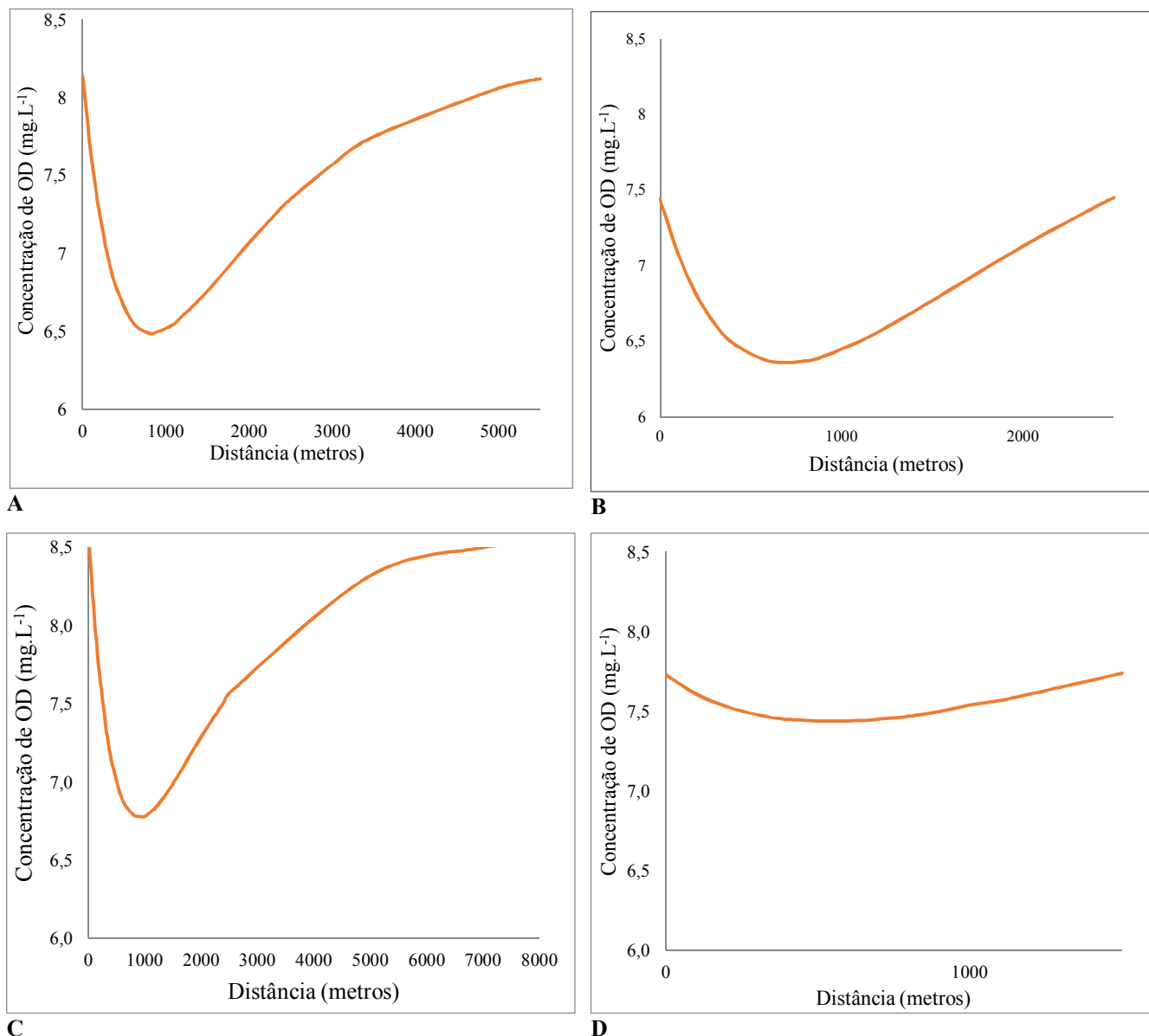


Figura 1: Perfil de OD versus distância. Legenda: A – Primeira Campanha; B – Segunda Campanha; C – Terceira Campanha; D – Quarta Campanha. Fonte: Autor do trabalho.

Após a análise dos resultados, pode-se perceber que o efluente lançado no rio causa redução no teor de oxigênio dissolvido. No entanto a análise dos dados indica que o oxigênio dissolvido atende os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, onde o teor mínimo permitido de oxigênio dissolvido para rios de classe 3, é de 4 mg L⁻¹.

Com base na simulação de autodepuração, pode-se perceber que a distância de 800 metros utilizada nesse estudo não foi suficiente para o corpo receptor voltar as condições de oxigênio dissolvido encontradas no ponto 1. Vale ressaltar que, a distância de 800 metros utilizada para o estudo não pode ser ampliada, devido à presença de fontes difusas de poluição provenientes de uma área de invasão nas margens do rio após os 800 metros.

Com base nas Figuras 1-A e 1-C percebe-se que os gráficos da primeira e terceira campanha apresentaram uma curva similar, porém, o perfil de oxigênio dissolvido da primeira campanha aponta uma distância teórica de aproximadamente 5.000 metros, para que o rio possa retomar as condições iniciais de oxigênio dissolvido. Enquanto a terceira campanha indica uma distância teórica de aproximadamente 8.000 metros. Esta diferença pode ser justificada com base índice de precipitação pluviométrica, como exibe a Tabela 2, que apresenta a temperatura média da água, DBO montante, DBO do lançamento e o índice de precipitação médio dos últimos dez dias que antecederam cada coleta, vale ressaltar que em todas as campanhas não houve presença de chuvas nas últimas 24 horas.

Tabela 2: Índice de precipitação pluviométrica, temperatura e DBO das quatro campanhas. Fonte: Autor do trabalho. Fonte: Autor do trabalho.

Campanhas	Índice de Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	DBO montante (mg L ⁻¹)	DBO de lançamento do efluente tratado pela agroindústria (mg L ⁻¹)
1	6,5	22,7	3	56
2	15	21,3	5	56
3	2	21,4	7	42
4	5,1	20	1,8	34

Na Tabela 2, observa-se um menor índice de precipitação pluviométrica na terceira campanha quando comparada a primeira, indicando que a matéria orgânica presente no trecho de estudo possivelmente encontrava-se mais diluída na primeira campanha, necessitando assim de uma distância menor para o restabelecimento do oxigênio dissolvido inicial.

Analisando a Figura 1-B, pode-se perceber que campanha 2 necessitou de uma distância teórica aproximada de 2.500 metros para retomar as condições iniciais de oxigênio dissolvido. Avaliando a Tabela 2, percebe-se que nesta campanha o índice de precipitação pluviométrica foi maior quando comparada as outras campanhas, indicando assim uma maior vazão do rio, logo uma maior diluição da matéria orgânica presente, sendo assim o oxigênio dissolvido pode-se restabelecer em uma distância menor.

O gráfico da quarta campanha (Figura 1-D), indica uma distância teórica de aproximadamente 1.400 metros para a autodepuração do trecho de estudo do rio que recebe efluente de uma fonte pontual. Este mesmo gráfico apresentou uma baixa variação de oxigênio dissolvido quando comparado às demais campanhas. Observa-se na Tabela 2 que, a DBO a montante do rio, e a DBO de lançamento do efluente possuem uma concentração baixa quando comparada as demais campanhas, possivelmente resultou em uma menor concentração de oxigênio dissolvido para a respiração das bactérias decompositoras da matéria orgânica.

Como o modelo utilizado para realizar a simulação, resulta em uma distância teórica para o restabelecimento do oxigênio dissolvido, nas Figuras 2 e 3 exibem-se a diferença entre o oxigênio dissolvido simulado e o medido a campo.

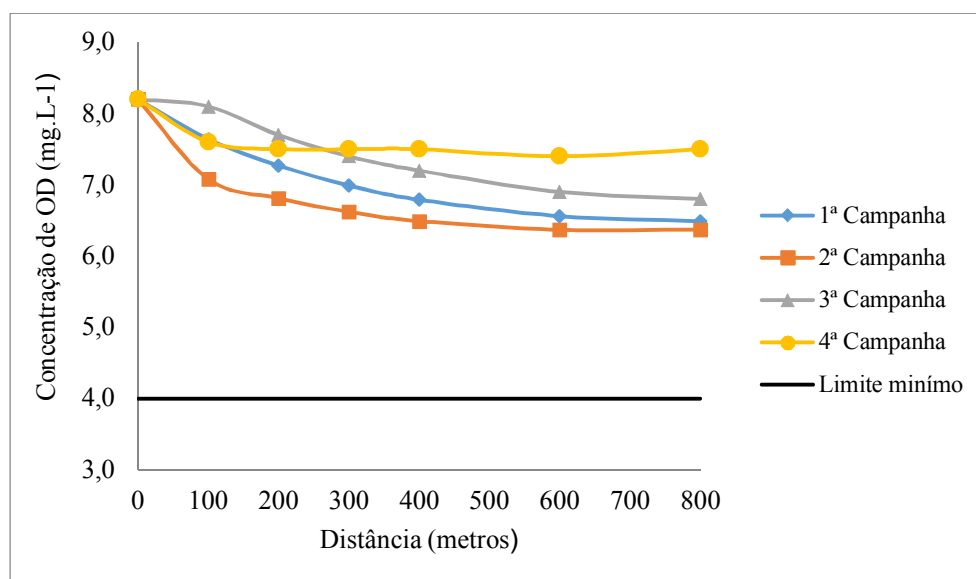


Figura 2: Perfil de oxigênio dissolvido simulado versus distância. Fonte: Autor do trabalho.

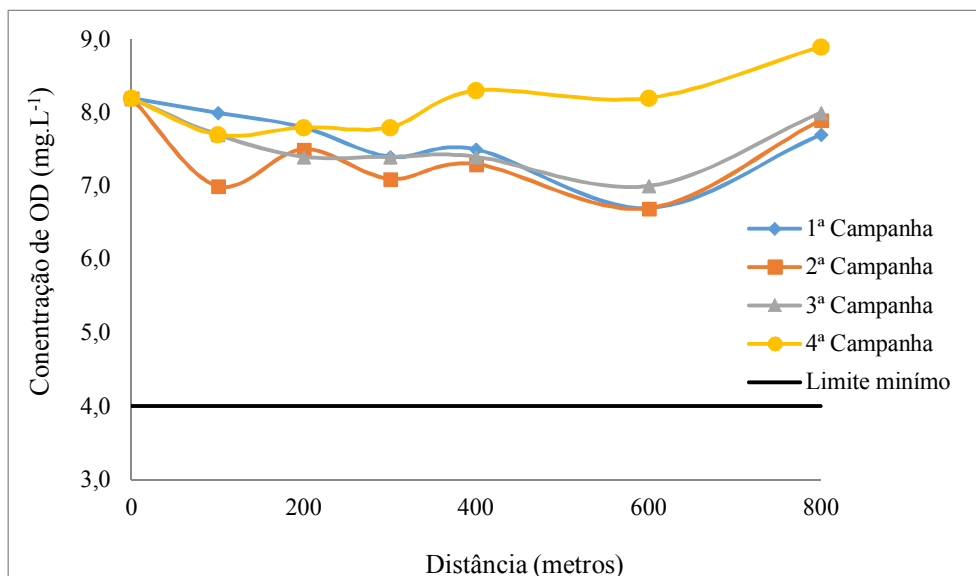


Figura 3: Perfil de oxigênio dissolvido medido *versus* distância. Fonte: Autor do trabalho.

Observando as Figuras 2 e 3, nota-se uma variação entre os perfis de oxigênio dissolvido, o oxigênio medido apresenta oscilações bruscas. Isso ocorre devido ao uso do coeficiente de reaeração ter sido o mesmo para todos os pontos de análise, visto que às características do rio variam ao longo do percurso, o rio contém trechos mais profundos, seguidos de trechos com uma menor profundidade com leves correntezas. Outro fator que influencia na oscilação do oxigênio dissolvido medido a campo, é a presença de uma nascente em meio ao trecho de estudo.

Ainda avaliando a Figura 3, percebe-se que próximo aos 800 metros (ponto 8), ocorre uma elevação na concentração de oxigênio dissolvido em todas as campanhas, o que pode ser explicado devido a presença de uma queda d'água anterior ao ponto de coleta das amostras, a qual gera uma oxigenação no percurso do rio.

CONCLUSÕES

A avaliação da qualidade da água de corpos hídricos, serve como monitoramento dos possíveis prejuízos causados por lançamento de efluentes sem um tratamento adequado. Por meio dos parâmetros físico-químicos, esse estudo revelou que o lançamento do efluente final tratado pela agroindústria, afeta o trecho em estudo do rio, embora os parâmetros se encontram dentro do permitido pela Resolução CONAMA nº 430/2011. Uma possível contribuição para a baixa qualidade da água do rio, são outras fontes de poluição.

Os resultados do estudo de autodepuração revelaram que, apesar da concentração de oxigênio dissolvido se enquadrar dentro do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para rios de classe 3, o trecho de 800 metros utilizado para o estudo não é suficiente para o restabelecimento das condições anteriores ao despejo do efluente da agroindústria, necessitando de um maior percurso para que ocorra sua autodepuração.

Vale ressaltar que a simulação da autodepuração é uma verificação teórica do comportamento do corpo receptor, como as constantes foram baseadas na literatura, os valores de velocidade e vazão foram os mesmos para todas as campanhas, os quais poderiam sofrer alterações dependendo das condições climáticas e eventuais lançamentos anteriores ao dia da coleta.

Diante dos resultados obtidos, percebe-se que a qualidade da água do rio no trecho de estudo está bastante afetada, com o despejo de efluentes da agroindústria e com outras fontes de poluição, o que prejudica a biota aquática e limita o uso desta água, visto que um rio de classe 3 já possui usos de maneira mais restrita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Salla, M. R., Pereira, C. E., Filho, J. E. A., De Paula, L. M., Pinheiro, A. M. **Estudo da autodepuração do Rio Jordão, localizado na bacia hidrográfica do Rio Dourados**. Engenharia Sanitária Ambiental, v.18, p.105 - 114, 2013.

2. Leite, V. D., Junior, G. B. A., Sousa, J. T., Lopes, W. S. **Tratamento de águas residuárias em lagoas de estabilização para aplicação na fertirrigação.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.9, p.71- 75, 2005.
3. Andrade, L. N. Autodepuração dos corpos de água. **Revista da Biologia**, v.5, p. 16 – 19, 2010.
4. Morais, K. De M. C. **Autodepuração do Igarapé Santa Isabel no município Homônimo – Aplicação do modelo de Streeter e Phelps.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.
5. Silva, R. C. **Avaliação dos efeitos da disposição final de efluentes em rios a partir da aplicação de modelos matemáticos de qualidade de água – a influência do processo de seleção dos parâmetros cinéticos do modelo.** Anais XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, 2005.
6. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
7. Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMA). **Resolução nº 070, de 19 de outubro de 2009.** Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e critérios e dá outras providências, para empreendimentos industriais.
8. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 430, 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente.
9. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 9898.** Dispõe sobre a preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.
10. American Public Health Association – APHA, American Water Works Association – AWWA; Water Environment Federation – WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 22^a ed. Washington, DC, 2012.
11. Von Sperling, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto.** 4^a ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.
12. Schütz, F. C. De A. **Desenvolvimento de um modelo em redes neurais para a simulação da autodepuração do Rio Alegria.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.
13. Silva, L. de C. **Avaliação da qualidade da água do Rio Alegria através da determinação do IET e Simulação do processo de autodepuração.** Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2016.
14. Von Sperling, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos – Princípios de Tratamento Biológico de Águas Residuárias.** 2^a ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996.