

Análise da Autodepuração do Curso D'água Pomba Cuê Utilizando o Modelo Streeter Phelps

Eduardo Hermes de Vargas¹ e Felipe Souza Marques²

1. Engenheiro Ambiental (Uniamérica, 2015). Técnico em Hidrologia pelo Instituto Federal do Paraná (IFPR, 2013). Professor dos cursos Auxiliar Administrativo e Informática (Provopar).

2. Engenheiro Ambiental (Uniamérica, 2005). Especialista em Gestão Ambiental em Municípios (UTFPR, 2007). Mestre em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento (UEL, 2010). Analista de Captação de Recursos Sênior no Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás-ER).

eduardo.hermes.vargas@gmail.com e eng.felipemarques@gmail.com

Palavras-chave

Autodepuração
Córrego Pomba-Cuê
Streeter Phelps

Resumo:

O presente trabalho objetivou avaliar a capacidade de autodepuração do córrego Pomba Cuê em Foz do Iguaçu/ PR. A avaliação ocorreu de modo comparativo em dois períodos: primeiro em abril/2014 e o segundo em setembro/2014. Utilizando o modelo Streeter Phelps, foi criado quatro cenários de representação da qualidade de água do córrego. A necessidade de quatro cenários se deu em decorrência de dois períodos avaliados e da análise ser feita de duas condições distintas – com e sem a estação de tratamento de esgoto (ETE). Os resultados da modelagem foram obtidos identificando os valores regulamentados na legislação do CONAMA 357/2005, referentes ao parâmetro do Oxigênio Dissolvidos (OD) e da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) para cada um dos quatro cenários. Para o OD, todos os cenários estavam dentro do limite. O contrário ocorreu com a DBO em que todos os quatro cenários estavam fora do recomendado na legislação. Nesse último caso, é estabelecido no máximo 5mg/L para rios de classe II como é o caso do córrego Pomba-Cuê. Na pesquisa feita, todos os valores ficaram acima do limite. Uma das hipóteses para essa ocorrência negativa nos cenários é o fato do córrego estar em uma região de banhado. O principal resultado da pesquisa foi demonstrar a importância de se utilizar o modelo na aplicação da autodepuração do córrego Pomba-Cuê.

Artigo recebido em: 24.04.2015.

Aprovado para publicação em: 06.05.2015.

INTRODUÇÃO

A modelagem matemática vem sendo muito utilizada como ferramenta importante para simular e avaliar as mudanças físicas, químicas e biológicas que ocorrem em sistemas aquáticos. É um poderoso instrumento de gestão que auxilia em tomada de decisões, por meio de modelos é possível gerar cenários futuros, estabelecer planos de gestão, projetar os prováveis impactos ambientais e estimar os custos das medidas a serem tomadas.

Os recursos hídricos são, cada vez mais, foco da preocupação mundial devido a sua escassez em algumas regiões. Para o desenvolvimento de qualquer atividade é necessário o uso de água. Devido a lançamentos de efluentes doméstico e industriais não tratados, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados de maneira significativa aumentando a concentração de matéria orgânica em um corpo hídrico.

A matéria orgânica introduzida nos corpos de água é grande fonte de alimento para diversos organismos. Estes organismos utilizam o oxigênio na decomposição da matéria orgânica, consumindo assim, o oxigênio dissolvido e ocasionando sua diminuição no curso d' água. A recuperação dos níveis de oxigênio ocorre através do restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por mecanismos naturais, esse processo é conhecido como fenômeno de autodepuração.

A cada dia que passa a modelagem matemática auxilia cada vez mais no apoio na gestão dos recursos hídricos. Vários modelos têm sido desenvolvidos para vários tipos de cursos hídricos (rios, lagos e reservatórios). Alguns desses modelos inclui apenas dois parâmetros de qualidade da água, como OD (Oxigênio Dissolvido) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), contudo outros modelos mais sofisticados como WASP, modela processos hidrodinâmicos em uma, duas ou três dimensões, objetivando avaliar o destino e transporte de contaminantes convencionais e tóxicos (KANNEL et al., 2011).

O modelo Streeter Phelps foi o pioneiro entre os modelos matemáticos é determinado por dois aspectos importantes: consumo de oxigênio (expresso em termos de DBO) pela oxidação da matéria orgânica e a entrada de oxigênio no meio aquático por meio da reaeração atmosférica. (GOTOVTSEV 2010, VON SPERLING 2007).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a capacidade de autodepuração do córrego Pomba Cuê em Foz do Iguaçu/ PR utilizando o modelo Streeter - Phelps e comparando cenários de qualidade de água do córrego com e sem de Tratamento de Esgoto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AUTODEPURAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA

Autodepuração é a capacidade do corpo hídrico se recuperar por mecanismos puramente naturais, que podem ocorrer por processos físicos, químicos e biológicos. A introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta no consumo de oxigênio dissolvido, isto se deve ao processo de estabilização da matéria orgânica, realizado pelas bactérias decompositoras aeróbicas que utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração. Segundo Von Sperling (2005, p. 140),

O fenômeno da autodepuração está vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por mecanismos essencialmente naturais, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes. O conceito de autodepuração apresenta a mesma relatividade que o conceito de poluição. A água pode ser considerada depurada mesmo que não esteja totalmente purificada em termos higiênicos, apresentando, por exemplo, organismos patogênicos.

Portanto a introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta, indiretamente, no consumo de oxigênio dissolvido. Após o lançamento dos esgotos, o curso d'água poderá se recuperar por mecanismos puramente naturais, constituindo o fenômeno da autodepuração.

2.2 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O oxigênio é sem dúvida um dos parâmetros mais significantes para expressar a qualidade de um ambiente aquático. Suas variações estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. (FUNASA, 2014, p. 25). O oxigênio dissolvido (OD) indica a quantidade necessária da presença de oxigênio na água que beneficia ou prejudica a sobrevivência dos seres vivos aquáticos. Para a manutenção da vida aquática aeróbica são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 mg/L a 5 mg/L, exigência de cada organismo. (FUNASA, 2014, p. 25). Abaixo ou acima dessa concentração de OD, diminui-se a capacidade de sobrevivência desses seres aquáticos, principalmente se o excesso for maior que 10 Mg/L.

2.3 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. (FUNASA, 2014, p. 26)

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA) os valores altos de DBO, num corpo hídrico são provocados geralmente pelo lançamento de cargas orgânicas e principalmente por esgotos domésticos. A ocorrência de valores altos deste parâmetro causa a diminuição dos valores de oxigênio dissolvido (OD) na água, o que pode provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos.

2.4 MODELO DE STREETER -PHELPS

O modelo Streeter Phelps foi proposto em 1925 para calcular a autodepuração e o perfil do oxigênio dissolvido, após o lançamento da matéria orgânica no corpo hídrico. (Streeter & Phelps, 1925).

Este modelo foi criado em 1925 por Harold Warner Streeter e Earle Bernard Phelps, tornando-se um modelo que serviria de base para todos os outros. O modelo foi o pioneiro para os modelos matemáticos, aborda duas variáveis importantes: o consumo de oxigênio pela oxidação da matéria orgânica (expresso em termos de DBO) e a produção de oxigênio pela reaeração atmosférica (resultado da oxidação da matéria orgânica realizada por bactérias). (GONÇALVES, SARDINHA e BOESSO, 2011).

Após o lançamento de esgoto em um corpo hídrico a uma depleção do oxigênio na água, o modelo Streeter-Phelps foi criado para calcular em qual distancia o oxigênio dissolvido se recupera por mecanismos naturais. A figura 01 demonstra o fluxograma do modelo:

Figura 01 – Modelo Streeter – Phelps

$$C(x) = C_s - \left[\frac{K_1 \cdot L_o}{K_2 - K_1} \cdot (e^{-\frac{K_1 \cdot x}{v}} - e^{-\frac{K_2 \cdot x}{v}}) + (C_s - C_0) \cdot e^{-\frac{K_2 \cdot x}{v}} \right]$$

Fonte: Bezerra, *et al* (2008)

Para a calibração do modelo, foram utilizados dois coeficientes de desoxigenação (k_1). O coeficiente de desoxigenação depende das características da matéria orgânica. Em efluentes que possuem algum tipo de tratamento, os valores são mais baixos devido a grande parte da matéria já ter sido degradada (VON SPERLING, 2005). Os valores para temperatura igual a 20°C podem ser obtidos conforme o quadro 01.

Quadro 01 – Valores típicos de k_1 a 20°C

ORIGEM	$k_1(d^{-1})$
Água residuária concentrada	0,45
Rios com águas limpas	0,20

Fonte: Von Sperling (2007)

2.4.1 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

Concentrações mínimas permissíveis de Oxigênio Dissolvido são definidos de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, que atribui valores de acordo com a classe, conforme a Tabela 02.

Quadro 02 – Concentrações mínimas de oxigênio dissolvido permissível

CLASSE	OD MÍNIMO (Mg/L)
Especial	Não são permitidos lançamentos, mesmos tratados.
1	6,00
2	5,00
3	4,00
4	2

Fonte: CONAMA 357/2005

O rio em estudo Pomba Cuê classifica-se como rio de Classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, justifica-se pelo Art. 42, Capítulo 5, que diz: VI: “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas de classe 2”.

Classe 2 são águas que podem ser destinadas:

- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- À proteção das comunidades aquáticas;
- À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- À aquicultura e à atividade de pesca.

2.4.2 OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO ESGOTO (ODE)

Nos esgotos, os teores de oxigênio dissolvido são normalmente nulos ou próximos à zero, devido à grande quantidade de matéria orgânica presente, implicando em um elevado consumo de oxigênio pelos microrganismos decompositores. Assim, adota-se usualmente, nos cálculos de autodepuração, o OD do esgoto bruto como zero. Segundo Von Sperling (2005, p.126)

Caso o esgoto seja tratado, as seguintes considerações podem ser efetuadas:

- Tratamento primário: efluentes de tratamento primário são admitidos com OD igual à zero.
- Tratamento anaeróbio: efluentes de processos anaeróbios de tratamento possuem também um OD igual à zero.
- Lodos ativados e filtros biológicos: efluentes desses sistemas sofrem uma certa aeração nos vertedores de saída dos decantadores secundários, podendo o OD subir a 2 mg/l ou mais. Se o emissário de lançamento final for longo, este oxigênio poderá vir a ser consumido, face à DBO remanescente do tratamento.
- Lagoas facultativas: efluentes de lagoas facultativas podem apresentar teores médios de OD elevados, em torno de 5 a 6 mg/l., face à produção de oxigênio puro pelas algas.

No presente trabalho, foi considerado que os esgotos brutos possuem OD = 0 mg/L e os esgotos tratados OD = 2 mg/L.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

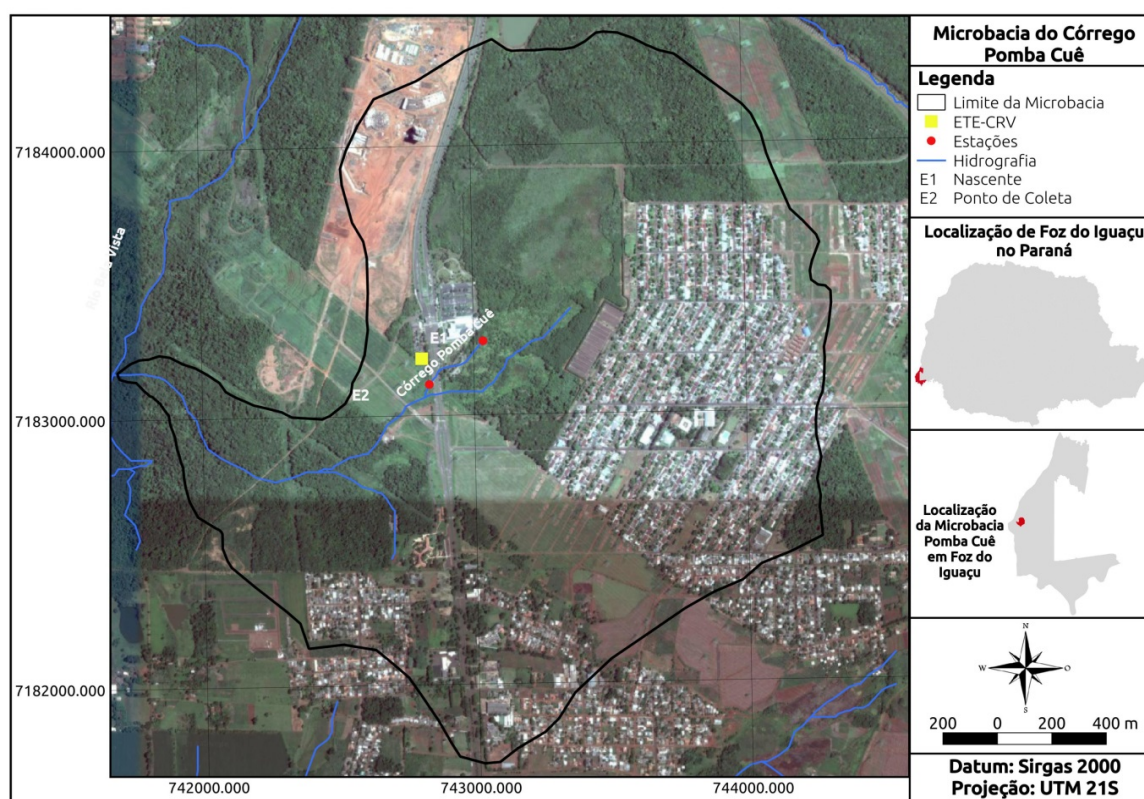
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área analisada no presente estudo contempla a Microbacia do córrego Pomba – Cuê, localizada na Usina Hidreletrica de Itaipu, município de Foz do Iguaçu – Paraná/BR. Situa-se nas coordenadas geográficas 25°26'53.09" de latitude sul e 54°35'2.38" de longitude oeste de Greenwich. De acordo com a figura 02.

O córrego apresenta área de drenagem de 4,13 km² e não apresenta nenhum tipo de captação de água em todo o seu curso, o rio principal (córrego Pomba – Cuê) possui aproximadamente 2530 metros de extensão, sendo canalizado na travessia da Avenida Tancredo Neves, preservado até seu deságue no córrego Belo Vista.

O corpo hídrico apresenta dos rios de contribuição ambos de 1º ordem. Rios de primeira ordem são aqueles que não recebem nenhum tipo de efluente. O quadro 03 refere-se aos pontos de coleta e localização.

Figura 02 – Localização da área de estudo e pontos da coleta.



3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

A Estação de Tratamento de Esgotos – ETE, localiza-se na avenida Tancredo Neves, próximo ao CRV (Centro de Recepção de Visitantes da UHE Itaipu), no município de Foz do Iguaçu.

Esta ETE é conhecida industrialmente como Sistema Modular de Tratamento de Esgoto Doméstico – Modelo MP, fabricada pela empresa Mizumo em 2007. O sistema interno de tratamento de efluentes consiste em: passagem do efluente por um sistema anaeróbio em seguida aeróbio e decantador secundário com recirculação do lodo e para finalizar, conta com um processo de desinfecção por cloro e/ou radiação ultravioleta, podendo ser reutilizado ou lançado no afluente (MENDES, BENASSI e MACIEL, 2007).

A estação foi dimensionada para um volume efluente de aproximadamente 75 m³/dia. O valor utilizado para a determinação desse volume foi de 50 funcionários locados no CRV, para os quais se estima um consumo médio de 50 L/hab/dia. Foram considerados também 8.000 visitantes, sendo o consumo desses de aproximadamente 9 L/hab/dia. A vazão máxima do efluente outorgada é de 4,70 m³/h e a vazão máxima para diluição é de 42,30 m³/h, com regime de lançamento diário.

O qual tem licença de operação desde ano 2007, passando a operar a partir de Dezembro de 2008. Antes do funcionamento da ETE, os resíduos eram direcionados as fossas sépticas devido ao número de visitantes foi necessário novo projeto para tratamento dos resíduos (MENDES, BENASSI e MACIEL, 2007).

Quadro 03 – Informações referentes aos Pontos de Coleta

PONTOS DE COLETA	LOCALIZAÇÃO
E1- Rio Pomba Cuê	Aproximadamente 150,0m a montante da ETE
P1- Entrada do esgoto (Mizuno)	Caixa de entrada do esgoto CRV (Centro de Recepção de Visitantes)
P2- Saida do esgoto (Mizuno)	Dentro do Sistema Mizuno, antes da Desinfecção por Ultravioleta
E2- Rio Pomba Cuê	Aproximadamente 100,0m a jusante do lançamento do efluente da ETE

3.3 DADOS UTILIZADOS

Os pontos utilizados para determinação da modelagem de autodepuração do córrego Pomba - Cuê são pontos de monitoramento da divisão de reservatório da Itaipu (MARR.CD). Esses pontos de monitoramento da divisão de reservatório analisam a qualidade da água do córrego e alimentam o banco de dados.

O Instituto das Águas do Paraná (Águas Paraná) quando autorizou o direito de uso da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), definiu que o monitoramento do efluente tratado para as variáveis oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio fosse feito bimestralmente.

Para analisar a autodepuração do córrego, utilizou-se o período de análise entre Abril e Setembro de 2014 em virtude de ser o período mais próximo com consistência dos dados disponíveis. Os valores correspondentes à distância, altitude, vazão de esgoto, vazão do rio, profundidade e velocidade foram fornecidos pela Itaipu devido a estudos realizados no local anteriormente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS CÓRREGO POMBA – CUÊ, 2014

A geração dos resultados da modelagem de autodepuração do Córrego Pomba – Cuê utilizou o modelo Streeter Phelps, determinado pelas variáveis: Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio.

4.1.1 CENÁRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Para comparação dos resultados foram definidos dois cenários, sendo um com tratamento de efluentes e outro sem tratamento. A comparação dos resultados permite compreender a importância da existência de tratamento para manutenção da qualidade da água do corpo hídrico.

O período de análise foi entre Abril e Setembro de 2014 em virtude de ser o período mais próximo com consistência dos dados disponíveis, em outros períodos os dados necessários não estão disponíveis.

Figura 03 – Estação de Tratamento de esgoto



Quadro 04 – Dados fornecidos

LOCAL	PARÂMETRO	VALOR	PERÍODO
Esgoto	Vazão (L/h)	4,86	Abril
	Vazão (L/h)	10,44	Setembro
Curso d'água	Vazão (L/h)	390	
	Classe	2	
	Altitude	155	
	Distância (m)	2530	
	Profundidade (m)	0,27	
	Velocidade (m/s)	0,077	

Os valores do Oxigênio Dissolvido com e sem tratamento no mês de Abril estão dentro do limite permitido pela legislação do CONAMA 357/2005 que estabelece 5 mg/L para rios de classe II. Portanto percebe-se que o córrego Pomba - Cuê consegue se autodepurar com relação a distancia, aumentando seu níveis de OD.

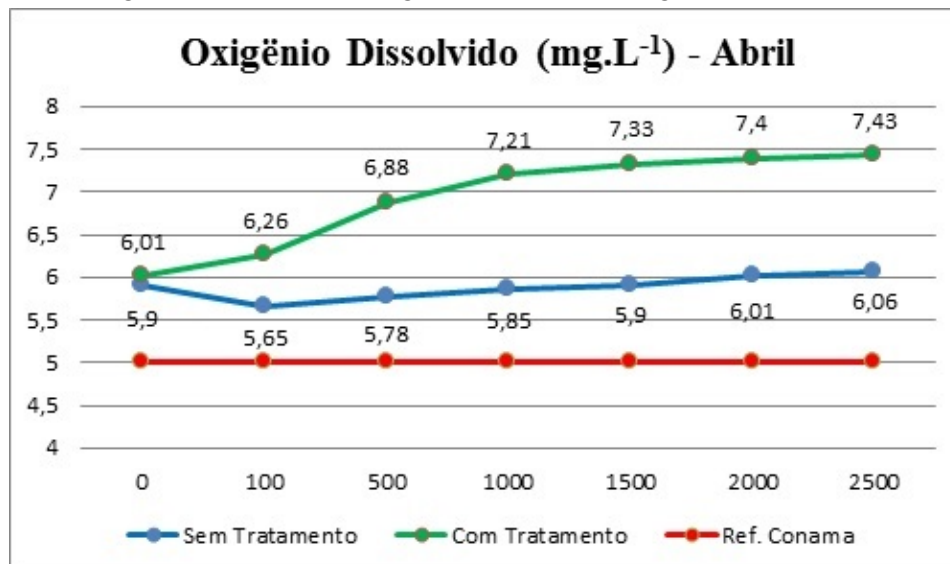
Segundo o modelo Streeter Phelps, os valores dos dois cenários variam de 5,9 a 6,01 mg/L na nascente, valores permitido pela legislação do CONAMA 357/2005, que estabelece no mínimo 5mg/L para rios de classe II. Esses dados acontecem acima do permitido pela legislação mesmo sem tratamento de efluentes, devido a vazão do esgoto ser muito baixa em comparação a vazão do rio no mês de Abril.

O mesmo ocorreu no Rio Ji-Paraná, em que Santos (2012), em seu estudo observa o fato do corpo hídrico apresentar a presença de pedras auxilia na aeração e recuperação dos níveis de OD.

Vasconsellos (2014), na simulação de autodepuração de um lançamento de esgoto, verificou que quando maior for a vazão do corpo hídrico maior será o poder de diluição.

Os valores do Oxigênio Dissolvido com e sem tratamento no mês de Setembro estão dentro do limite exigido pela legislação do CONAMA 357/2005 que estabelece no mínimo 5 mg/L para rios de classe II.

Figura 3 – Oxigênio Dissolvido ao longo da distância, Córrego Pomba-Cuê – Mês de Abril.



De acordo com o modelo Streeter Phelps, os dois cenários de OD estão dentro do limite exigido. Devido ao aumento da vazão de esgoto no mês de Setembro a uma depleção do OD de 6,7 a 6,38 mg/L, recuperando o seu nível de OD a uma distância de 1500 metros. Com o tratamento de esgoto o nível de OD não baixou, mas sim aumentou com relação à distância.

Perin (2013) tem as mesmas características com o córrego Pomba – Cuê, em seu estudo observa-se que com o efluente bruto o OD depois dos 3 Km chega a zero e após esse decaimento por influência do efluente lançado volta a se estabelecer ao longo do percurso.

De acordo com a figura 05, todos os valores estão acima do limite permitido pela legislação do CONAMA 357/2005 que estabelece 5mg/L para rios de classe II.

Figura 4 – Oxigênio Dissolvido ao longo da distância, Córrego Pomba-Cuê – Mês de Setembro.

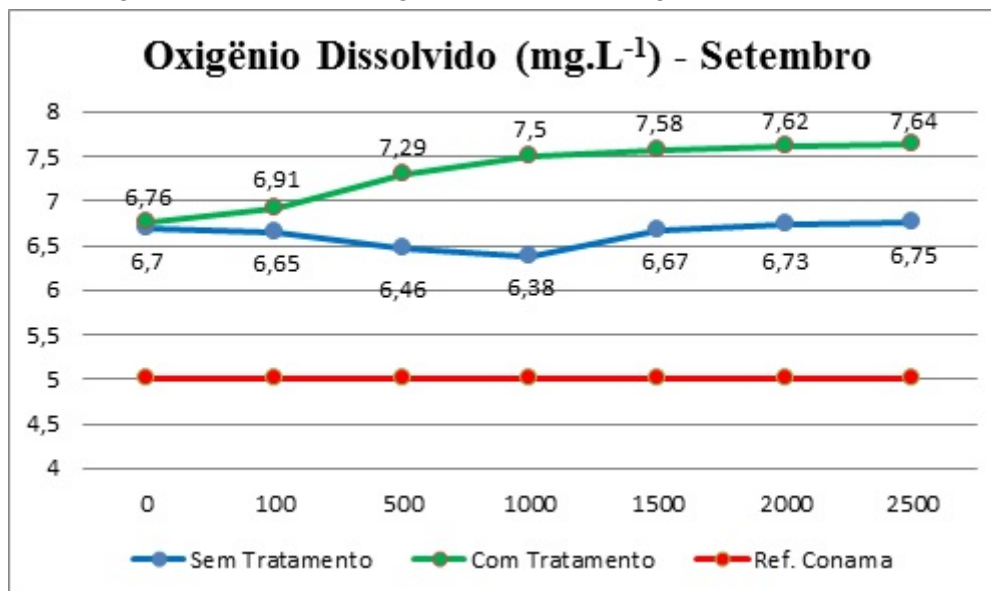
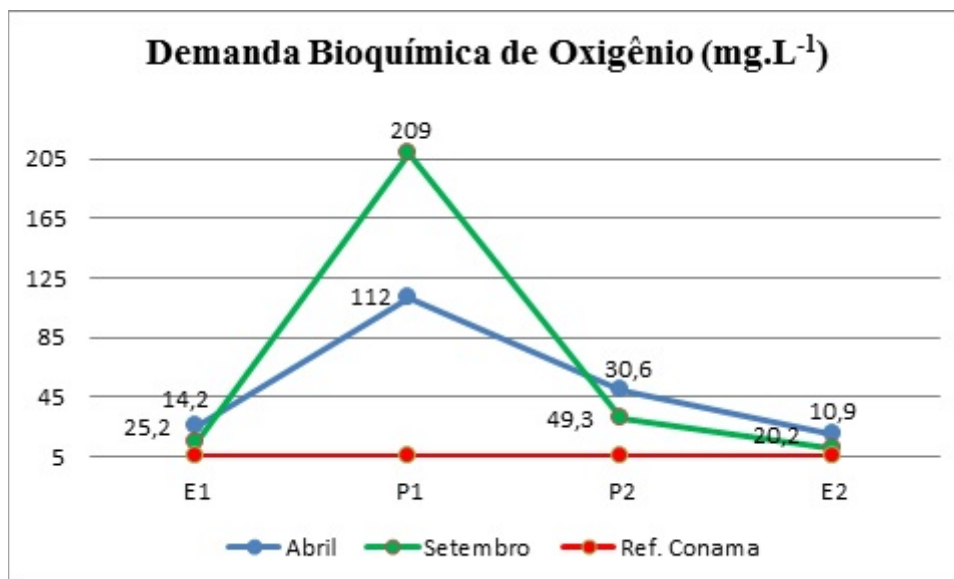


Figura 05 – Nível de DBO 5 (mg.L⁻¹ O₂)

Benassi (2015) conclui que o aumento da matéria orgânica é devido ao rio Pomba – Cuê estar localizado em uma região de banhado, caracterizada por elevada deposição de matéria orgânica onde em períodos de maiores precipitações ocorre conectividade dos sistemas, aumentando a entrada de cargas orgânicas no ecossistema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados expostos no presente estudo indicam a qualidade do Córrego Pomba-Cuê e seu atendimento quanto à Resolução CONAMA 357/2005 frente à maioria dos parâmetros analisados.

A variável Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) apresentou todos os seus valores acima do limite permitido pela legislação do CONAMA 357/2005 que estabelece no máximo 5mg/L para rios de classe II, isto ocorreu devido ao córrego Pomba-Cuê estar em uma região de banhado.

Valores referentes ao parâmetro Oxigênio Dissolvidos (OD) com e sem tratamento de esgoto estão dentro do limite permitido pela legislação. Devido ao modelo Streeter Phelps foi possível criar cenários e comparar esses dados, demonstrando a importância da existência de tratamento para manutenção da qualidade da água do corpo hídrico.

O modelo Streeter Phelps se mostrou eficiente na comparação de cenários, sendo possível ser aplicado em ações de planejamento e em tomadas de decisões.

REFERÊNCIAS

- BENASSI, Simone Frederigi. **Relatório do Sistema de Tratamento de Esgoto (ETE) Mizumo**. Foz do Iguaçu: Itaipu, 2015. 17 p.
- BEZERRA, Iury Steiner de Oliveira, *et al.* **Autodepuração de Cursos de d'Água: um Programa de Modelagem Streeter Phelps com Calibração Automática e Correção de Anaerobiose**. Revista da Escola de Minas, Ouro Preto 61(2):p249-p255, Abril-Junho, 2008.
- BRASIL. Assembleia Legislativa. Constituição (2000). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Definição dos critérios de balneabilidade em águas brasileiras.. Resolução Conama Nº 274, de 29 de Novembro de 2000: Publicada no DOU no 18, de 25 de
- VARGAS, E.H.; & MARQUES, F.S. Análise da Autodepuração do Curso D'água Pomba Cuê Utilizando o Modelo Streeter Phelps. *Pleidade*, 09(17): 83-92, Jan./Jun., 2015

janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 08 set. 2015.

_____. Constituição (2005). Resolução nº 357, de 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. Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005: Publicada no Dou Nº 053, de 18/03/2005, Págs. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 12 out. 2015.

BRASÍLIA. Funasa. Ministério da Saúde (Ed.). **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>. Acesso em: 12 out. 2015.

GONÇALVES, J. C. S. I; SARDINHA, D.S; BOESSO, F. F. **Modelo Numérico para a Simulação da Qualidade da Água no Trecho Urbano do Rio Jaú, Município de Jaú (SP)**. REA – Revista de estudos ambientais (Online) v.13, n. 2, p. 44-56, jul./dez. 2011.

GOTOVTSEV, A. V. Modification of the Streeter–Phelps system with the aim to account for the feedback between dissolved oxygen concentration and organic matter oxidation rate. *Water Resources*, v.37, n. 2, p. 245-251, 2010.

MENDES, A. B; BENASSI, S. F; MACIEL, J. N; **Relatório para Obtenção da Licença de Instalação para Lançamento de Efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos Sanitário do Centro de Recepção de Visitantes da UHE- Itaipu**. ITAIPU BINACIONAL, 2007.

PARANÁ. INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. (Ed.). Meio ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/>>. Acesso em: 08 out. 2015.

PARANÁ. PREFEITURA MUNICIPAL DE FOZ DO IGUAÇU. (Ed.). Cidade de Foz do Iguaçu. Disponível em: <<http://www.pmf.pr.gov.br/conteudo/?jsessionid=1a478a1636c7066248e0ed91c729?idMenu=1004>>. Acesso em: 10 out. 2015.

PERIN, Lucas Tupinã. **Uso do Modelo QUAL - UFMG no Estudo da Qualidade da Água e da Capacidade de Autodepuração do Rio km119 – Campo Mourão-PR**. 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1630/1/CM_COEAM_2012_2_13.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

SANTOS, A. **Avaliação da Capacidade de Autodepuração do Rio Ji-Paraná (Rondônia), Através da Curva de Depleção do Oxigênio Dissolvido**. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2012.

SÃO PAULO. AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (Org.). **Índice de qualidade das água (IQA)**. 2015. Agencia nacional de águas. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 20 set. 2015.

STREETER, H. W., PHELPS, E. B. **A study of the natural purification of the Ohio River**. Public Health Bulletin 146, U.S. Washington: Public Health Service, 1925.

VASCONCELLOS, Karla de Carvalho. **Risco de Falha Ambiental em um Rio Sujeito à Concessão de Outorga de Lançamento de Efluentes, Med. Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 10, n. 2, p.199-214, ago. 2014. Disponível em: <[file:///C:/Users/edu/Downloads/872-1756-1-SM\(1\).pdf](file:///C:/Users/edu/Downloads/872-1756-1-SM(1).pdf)>. Acesso em: 25 out. 2015.

VON SPERLING, M. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água**. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007. 588 p.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2ª ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996. Vol. 1.

_____. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgoto**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG, vol. 1; 3ª edição. Belo Horizonte- MG, 2005.

