

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

AVALIAÇÃO DA AUTODEPURAÇÃO DO RIO PARAÍBA DO SUL NO DISTRITO DE BARÃO DE JUPARANÃ, VALENÇA-RJ

José Carlos Rodrigues de Moura Junior¹; Roseane Pagliasse de Oliveira²; Rafaela Cristina Landeiro da Silva Rodrigues³.

Resumo – O despejo de efluentes em corpos hídricos acarreta inúmeros riscos a todos que utilizam desta água, visto que gera desequilíbrio no ecossistema, podendo afetar a capacidade de autodepuração do corpo hídrico. A deterioração do rio Paraíba do Sul reflete a necessidade de estudos e ações para o atendimento das condições de saúde e meio ambiente para as populações do entorno. Desta forma, o presente estudo avalia a capacidade de autodepuração deste rio, nas proximidades do distrito de Barão de Juparanã, no município de Valença-RJ, utilizando-se modelos matemáticos que avaliam sua qualidade e simulam sua capacidade de autodepuração. Para aplicação dos modelos, levantou-se dados hidrogeológicos e analisou-se a qualidade da água deste rio, em três pontos na região de estudo. O estudo mostra que a qualidade da água já está comprometida antes de chegar ao distrito, tendo uma piora ao receber o efluente *in natura* desta região, contudo a vazão de lançamento do efluente não altera sua capacidade de autodepuração, já comprometida. Estes dados evidenciam que programas de incentivo à melhora da qualidade da água do rio Paraíba do Sul devem ser implementados desde sua nascente, para assegurar boa qualidade da água em todo o percurso do rio.

Palavras-Chave – Capacidade de autodepuração; Qualidade da água, QUAL-UFMG.

SELF-DEPURATION EVALUATION IN PARAÍBA DO SUL RIVER IN BARÃO DE JUPARANÃ DISTRICT, VALENÇA-RJ

Abstract – The effluents discharge into water bodies carries innumerable risks to any living being that uses this water, because it generates an imbalance in the ecosystem and can affect the self-purification capacity from this water body. The deterioration of the Paraíba do Sul River reflects the need for studies and actions to meet the health and environmental conditions for the surrounding populations. In this way, this study assesses the self-purification capacity of this river, near the district of Barão de Juparanã, in the city of Valença-RJ, using mathematical models, which evaluate its quality and simulate its self-purification capacity. For the application of the models, hydrogeological data were collected and its water quality analysed, in three points within the study region. The study shows that water quality is already compromised before reaching the district and that it has a slight worsening after receiving the discharge of the waste water from this region. That effluent discharge does not alter its already compromised self-purification capacity. It evidences that programs to encourage the improvement of the water quality of the Paraíba do Sul River should be implemented from its spring, in the state of São Paulo, to ensure quality water throughout the river.

Keywords – Self-purification capacity; Water quality, QUAL-UFMG.

¹ Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária – UNESA, eng.cmoura@gmail.com

² Bacharela em Engenharia Ambiental e Sanitária – UNESA, anepagliasse@hotmail.com

³ Professora no Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária da UNESA, rafaelalandeiro@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Cerca de 1,8 bilhões de pessoas, no mundo, tem a fonte de água “potável” contaminada por fezes e isto traz sérios riscos para a saúde dessas pessoas (WHO, 2015). Deste modo, fica clara a necessidade de se monitorar periodicamente a qualidade da água, pois, de acordo com a ONU (2003), cerca de 80% de todas as doenças que se alastram nos países em desenvolvimento são provenientes da água de má qualidade. Outro problema, em nível ambiental, do descarte de efluentes *in natura*, que muitas vezes são ricos em nutrientes como fósforo e nitrogênio, é acelerar o processo de eutrofização no corpo hídrico em questão, que, em grande escala, altera significativamente as características do habitat. Este mesmo problema transfere-se para o nível de saúde pública, pois acarreta o crescimento de algas cianofíceas, produtoras de toxinas que causam efeitos adversos à saúde (BAPTISTA e ARAÚJO NETO, 1994).

Segundo o IBGE (BRASIL, 2015), o Brasil possui cerca de 8,5 milhões de km², de área, e é considerado um dos países mais ricos em água doce, contudo algumas cidades ainda sofrem com problemas de abastecimento, como ocorre na Região Norte, onde se localiza 80% das fontes de águas de rios do Brasil. Notando-se que os problemas em saneamento básico das cidades próximas a fonte de águas de rios não possuem muita diferença das cidades mais afastadas (REBOUÇAS, 2003).

No Brasil, grande parte dos municípios não possui coleta de esgoto e em uma parcela considerável dos municípios, o esgoto é coletado e não tratado. Como pode ser visto, na Figura 1, cerca de 45% do esgoto produzido no Brasil é lançado *in natura* no ambiente, afetando a qualidade da água para abastecimento e irrigação (BRASIL, 2017).

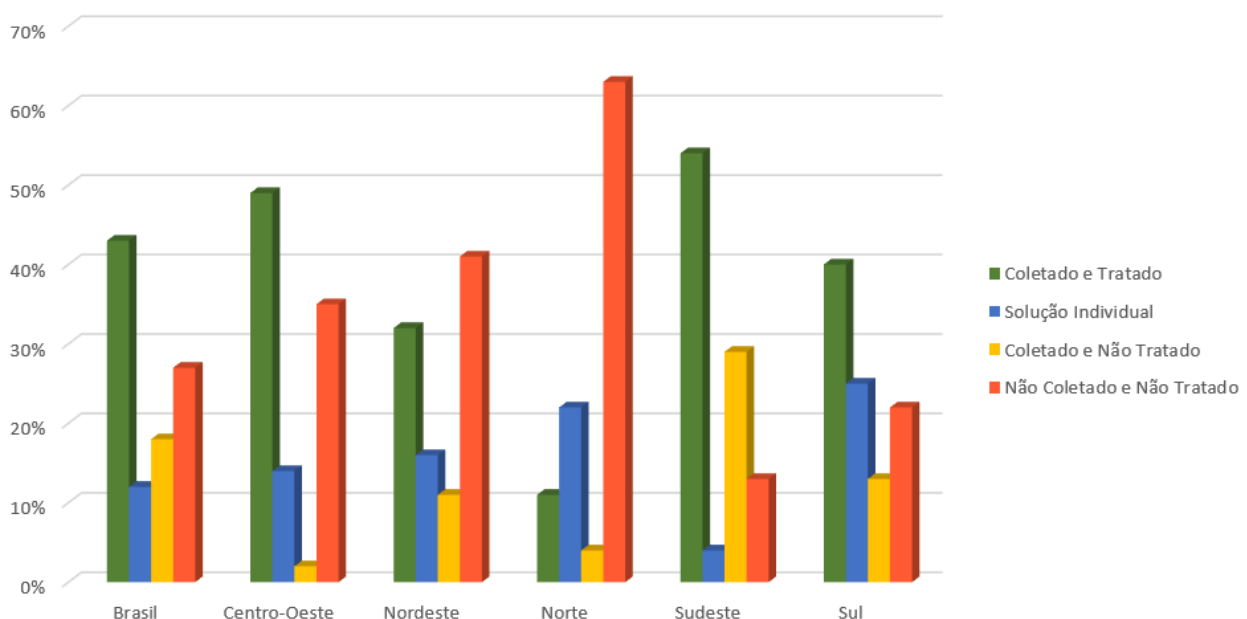


Figura 1 – Panorama geral da coleta e tratamento de esgotos no Brasil (adaptado de BRASIL, 2017).

A bacia do rio Paraíba do Sul, objeto desse estudo, é a segunda maior bacia do conjunto denominado Leste Brasileiro, que possuindo uma área de mais de 55.000 km², se localiza entre grandes cidades, com grandes centros urbano-industriais de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais e, mesmo que esteja em situação de extrema ameaça, abriga elevada biodiversidade (POLAZ *et al*, 2011). O trecho, do rio Paraíba do Sul, escolhido para o estudo compreende uma distância de aproximadamente 7 km, numa área pertencente ao distrito de Barão de Juparanã, em Valença-RJ. Esta bacia hidrográfica pode ser considerada importante para a região, em termos de diluição de efluentes domésticos e no uso para pecuária, agricultura e pesca.

O distrito de Barão de Juparanã, pertencente ao município de Valença, com população estimada em 2017 de 3.270 habitantes, tem parte do rio Paraíba do Sul em seu território servindo de destino para o esgoto ali produzido. A quantidade de esgoto produzida atualmente é estimada em 601,4 m³/dia e não possui nenhum tipo de tratamento antes de ser lançado neste rio (AGEVAP. 2014).

Na região da bacia existem diferentes tipos de indústrias como químicas, metalúrgicas, têxteis, siderúrgicas e entre outras que, devido à fiscalização ambiental, implantaram estações de tratamento de efluentes, mas, mesmo assim, continuam jogando carga tóxica no rio, ainda que dentro dos limites previstos pelas legislações (SOUZA JUNIOR, 2004). A agropecuária e a mineração e, em grande parte dos municípios, a falta de controle quanto à ocupação do solo são alguns dos maiores problemas ambientais do rio Paraíba do Sul, que afetam áreas urbanas e rurais. Entretanto, o despejo de esgotos domésticos e industriais e a disposição incorreta dos resíduos sólidos que contaminam as águas do rio, cada vez mais, vêm ganhando destaque, podendo vir a superar os primeiros (COPPETEC, 2006).

Há, contudo, no meio aquático, a capacidade de restabelecer seu equilíbrio, por mecanismos naturais, após sofrerem alterações devidas aos lançamentos de efluentes, conhecida como capacidade de autodepuração. A autodepuração é um processo que se dá em função do tempo, e conseqüentemente, ao longo do curso do rio, sendo possível identificar estágios de sucessão ecológica associadas a zonas fisicamente identificáveis no curso d'água (VON SPERLING, 2005). Uma maneira de se determinar esta capacidade é a aplicação de modelos matemáticos que englobam os processos químicos, físicos e biológicos envolvidos no processo de autodepuração, ainda que estes sejam complexos (SALES *et al.*, 2014). Mathew *et al.* (2011) afirmam que os modelos matemáticos podem ser usados de forma a proporcionar entendimento quantitativo sobre os despejos e processos que afetam a qualidade da água.

Portanto, tendo em vista os usos múltiplos da água, é notória a relevância do conhecimento da qualidade e da capacidade de autodepuração deste corpo hídrico.

METODOLOGIA

Determinação dos pontos de amostragem

As coletas foram realizadas em três pontos (nomeados de P1, P2 e P3), no distrito de Barão de Juparanã, pertencente ao município de Valença-RJ – podendo ser observados na Figura 2 – em três datas, conforme Tabela 1. Os pontos foram selecionados para verificar o impacto do lançamento de esgoto *in natura* na qualidade da água do rio Paraíba do Sul no trecho do distrito de Barão de Juparanã.

Tabela 1 – Informações das coletas:

Pontos	Descrição	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Época	Datas
P1	No início da região urbana do distrito	346	22°21'35" S	43°41'14" O	Chuvosa	19/03/2017
					Seca	16/04/2017
					Seca	14/05/2017
P2	No centro do distrito	340	22°20'36" S	43°40'37" O	Chuvosa	19/03/2017
					Seca	16/04/2017
					Seca	14/05/2017
P3	No final da região urbana do distrito	334	22°19'44" S	43°40'05" O	Chuvosa	19/03/2017
					Seca	16/04/2017
					Seca	14/05/2017

Determinação dos parâmetros para modelagem e avaliação da qualidade da água no trecho de estudo

Para determinação dos parâmetros de qualidade, utilizadas nos modelos, realizou-se medição de OD, temperatura, condutividade e pH, em campo, e análises de DBO, nitrogênio inorgânico e nitrogênio total, fósforo inorgânico, turbidez, sólidos totais (fixos e voláteis), coliformes totais e *E. coli*, em laboratório. Todas as análises foram realizadas seguindo as recomendações contidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2002).

Para avaliação da qualidade da água do rio Paraíba do Sul nos pontos de estudo, em Barão de Juparanã, avaliou-se os parâmetros medidos e analisados e, calculou-se o índice de qualidade da água (IQA) de acordo com as recomendações expressas em Brasil (2004).

Determinação da vazão do rio na região de estudo

Para melhor estimativa da capacidade de autodepuração no rio, faz-se necessário ter um valor de vazão o mais próximo possível do momento da coleta. Para isto, utilizou-se o valor da vazão medido em estação hidrométrica – disponível no site Hidroweb, pertencente à ANA – no município de Barra do Piraí, e avaliou-se a área da bacia de influência para o ponto de estudo, estimando-se a vazão incremental para este ponto. Além de determinar o tempo de concentração (t_c) dessa bacia de

influência, a fim de se obter o tempo que leva para a massa de água que passa na estação hidrométrica chegar ao ponto de interesse.

Para determinação desta área traçou-se o divisor de águas para o espaço compreendido entre a estação hidrométrica supracitada e o ponto P1, utilizando-se ferramentas do Google Earth Pro, obtendo-se a sua área de influência. E para conhecer a área de influência até a estação hidrométrica, utilizou-se o site Hidroweb, tornando possível comparar as áreas e determinar a vazão no ponto P1. Para a determinação de t_c , utilizou-se a fórmula de Picking.

Modelagem matemática da autodepuração no trecho de estudo

As simulações da capacidade de autodepuração no trecho de estudo foram realizadas com o auxílio de planilhas disponibilizadas em Von Sperling (2014) – para os modelos de Streeter-Phelps e QUAL-UFMG – e utilizando-se as vazões e os coeficientes determinados especificamente para este estudo. Ambos os modelos foram selecionados pela simplicidade das análises dos parâmetros requeridos.

Sabendo-se que a região em estudo recebe esgoto *in natura*, foram simulados os seguintes cenários:

- I. Lançamentos difusos, não sendo modelada a vazão do esgoto e, desta forma, utiliza-se apenas os dados obtidos pelas análises de campo, considerando-se mistura completa entre rio e efluente lançado, representando a situação atual;
- II. Lançamento pontual de toda a carga de esgoto, *in natura*, da população do município no ponto P2, sendo utilizado então a situação simulada para P1, na distância em que se encontra P2 e a mistura com a vazão de esgoto neste ponto

A determinação dos coeficientes necessários para aplicação dos modelos foi realizada utilizando-se as equações descritas por Von Sperling (2014) e comparando-as com os valores mais utilizados na literatura, optando-se pelo valor que melhor se adapta aos parâmetros observados em campo, visto que não foi possível realizar a etapa de calibração e validação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Determinação dos parâmetros para modelagem e avaliação da qualidade da água no trecho de estudo

Os valores obtidos, para avaliação da qualidade da água no rio Paraíba do Sul, no trecho que corta o distrito Barão de Juparanã, em Valença – RJ, os quais foram utilizados para a determinação do IQA e na modelagem de autodepuração, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados obtidos nas análises realizadas.

Parâmetros	19/03/2017			16/04/2017			14/05/2017		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
OD (mg/L)	5,62	4,66	5,61	6,14	5,15	6,19	5,11	4,26	5,11
Turbidez (NTU)	47,1	48,7	45,3	16,6	14,9	17,5	8,47	9,73	9,43
Temperatura (°C)	25,9	25,4	26,3	25,9	26,1	26,2	22,7	22,8	22,6
Condutividade (µS)	84	115	102	161	144	160	156	194	148
TDS (mg/L)	-	-	-	110	105	78	100	130	100
pH	6,7	7,2	6,2	7,1	7,0	7,1	8,7	8,8	8,7
DBO (mgO ₂ /L)	-	-	-	62,3	52,8	65,7	41,8	33,7	31,8
NT (mg/L)	2,71	6,51	9,76	3,61	5,60	6,45	5,54	7,90	6,08
N-amônia (mg/L)	0,22	0,18	0,12	0,17	0,34	0,2	0,13	1,42	0,16
N-nitrito (mg/L)	-	-	-	-	-	-	0,03	0,04	0,03
N-nitrato (mg/L)	4,07	1,47	9,70	5,27	3,27	2,57	9,95	10,65	2,65
Fosfato (mg/L)	0,3	0,2	0,4	1,3	1,1	1,2	0,1	7,0	1,6
ST (mg/L)	40	69	96	79	74	65	68	107	79
Coliformes totais (NMP/100mL)	3,4E+3	4,8E+3	2,9E+3	-	-	-	1,0E+4	3,7E+5	2,5E+5
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	2,0E+2	3,6E+2	6,4E+2	-	-	-	6,4E+2	5,8E+4	6,7E+4

Verifica-se que os valores de DBO, obtidos neste estudo, apresentam um valor mais elevado, se comparado aos dados apresentados em COPPETEC (2006), que apresentam variação entre 2 mg/L e 7 mg/L. Nota-se ainda uma diferença entre os valores obtidos, em todos os parâmetros, quando comparamos as concentrações das épocas de chuva e seca. Apresentando, na época de chuva, concentração menos elevada. Essa diferença pode ser entendida, que em épocas de chuva a vazão do rio é maior, ocasionando maior diluição dos poluentes.

O IQA obtido nos três pontos da última coleta apresenta-se com interpretação de qualidade ruim (nota 43), em P1, devido à grande quantidade de esgoto *in natura* que recebe ao longo do seu trajeto antes de chegar ao distrito de Barão de Juparanã e essa situação se agrava, apresentando como resultado péssima qualidade, notas 22 e 25, em P2 e P3, respectivamente, possivelmente devido ao lançamento de esgoto *in natura* do distrito. De acordo com o Ministério do Interior (BRASIL, 1981) o rio Paraíba do Sul, apresenta-se nesse trecho como classe 2, e segundo a resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) deve-se obter OD acima de 6 mg/L em 80% dos pontos e DBO₅ abaixo de 5 mg/L e coliformes termotolerantes (aqui expressos em termos de *E. coli*) menor que 1000 NMP/100mL, situação não encontrada durante o estudo.

Determinação da vazão do rio na região de estudo

Antes de se determinar a vazão, necessita-se do tempo de concentração, a fim de saber o tempo necessário para a quantidade de água que foi medida na estação telemétrica chegar ao ponto P1. Considerando-se o comprimento do talvegue de 22,325 km, e a diferença de altitude entre os pontos igual a 10 m, obteve-se, pela fórmula de Picking, um tempo de concentração de cerca de 9h. Portanto, obteve-se a vazão na estação telemétrica 9h antes do momento da coleta.

Com auxílio do Google Earth Pro traçou-se o divisor de águas, a partir de avaliação topográfica e de cursos d'água, e obteve-se a área da bacia de influência do ponto P1 igual a 220 km². Pelo site do Hidroweb obteve-se a área da bacia até a estação telemétrica 58370000, igual a 19.800 km².

Considerou-se, para este estudo, que a vazão do rio permanece constante entre os pontos P1, P2 e P3, visto que não há rios afluentes entre eles e a área de influência é pequena, não provocando uma variação considerável na vazão. Para este estudo foram realizadas três campanhas de amostragem, determinando-se, portanto, a vazão do rio para os três dias de coleta, obtendo-se para o dia 19/03/2017 uma vazão de 100,6 m³/s, para o dia 16/04/2017 uma vazão de 75,3 m³/s e para o dia 14/05/2017, uma vazão de 73,9 m³/s.

Modelagem matemática da autodepuração no trecho de estudo

Para simulação dos cenários, considerou-se como as distâncias entre os pontos de estudo, os comprimentos do talvegue entre estes pontos, sendo 3,22 km entre os pontos P1 e P2, 3,33 km entre os pontos P2 e P3 e de P3 até o exutório uma distância maior que 400 km, e os resultados obtidos na amostragem do dia 14/05/2017.

a) Cenário I

Neste cenário, simula-se a situação real, isoladamente, dos pontos de estudo quanto a capacidade de autodepuração do rio frente aos poluentes que já recebeu até o ponto, evidenciando o trecho necessário para se recuperar. Abaixo, encontram-se as simulações para cada data de coleta. Os perfis de OD e DBO no modelo de Streeter-Phelps, para os pontos P1, P2 e P3, podem ser observados na Figura 2, e os perfis de OD, DBO e coliformes no modelo QUAL-UFMG, para os pontos P1, P2 e P3, na Figura 3.

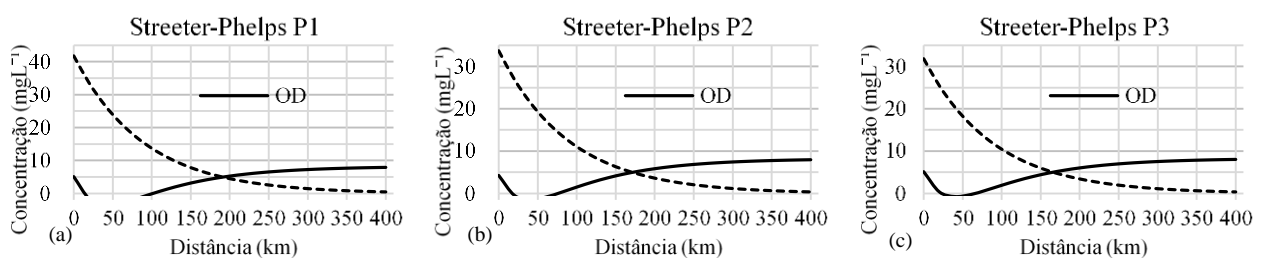


Figura 2 – Perfil de OD e DBO do cenário I no modelo de Streeter-Phelps, para o ponto P1 (a), P2 (b) e P3 (c).

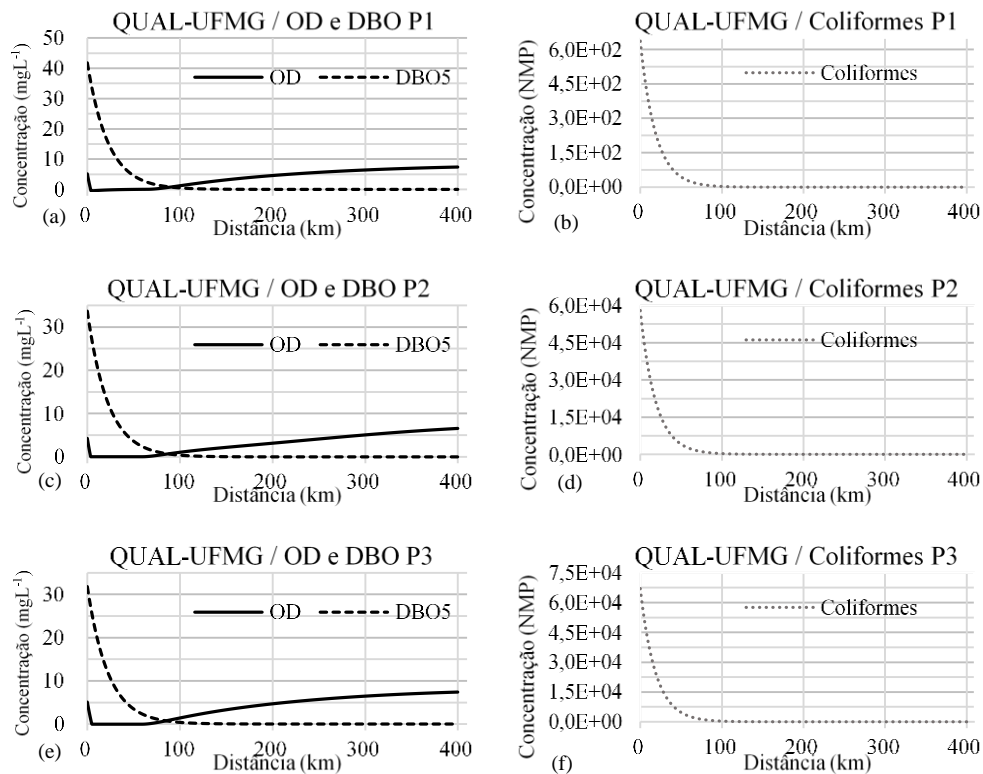


Figura 3 – Perfil de OD e DBO, para os pontos P1 (a), P2 (c) e P3 (e), e coliformes, para os pontos P1 (b), P2 (d) e P3 (f), do cenário I no modelo QUAL-UFMG, para o ponto P3.

Observando-se os gráficos, acima apresentados, nota-se que a capacidade de autodepuração do rio Paraíba do Sul está comprometida após os lançamentos de efluentes no trecho anterior do estudo. Percebe-se um declínio na concentração de OD logo no início da simulação, evidenciando a zona de degradação, seguida por um grande trecho onde o OD se iguala a zero, sendo a zona de decomposição ativa, voltando, o OD, a elevar-se apenas após cerca de 130 km, mas alcança estabilidade em torno de 200 km após o ponto inicial das simulações, não sendo, antes disso, propício à vida aeróbia. Contudo, foi observado OD acima de zero em todos os pontos medidos e vida aeróbia, indicando que, possivelmente pela atividade fotossintética das algas, ali presentes (não consideradas nos modelos), seja possível manter a vida aeróbia, mesmo nas condições desfavoráveis em que o rio se encontra.

Este comportamento, observado no modelo, está em acordo com o estudo de Ricciardone *et al.* (2011), no Rio das Mortes, afluente do rio Paraíba do Sul, que evidencia um trecho de cerca de 100 km para que o rio alcance a estabilidade após receber carga de esgoto.

b) Cenário II

Considera-se, neste cenário que toda a vazão de esgoto é lançada pontualmente em P2, sendo possível avaliar o impacto deste lançamento na capacidade de autodepuração do rio Paraíba do Sul nesta localidade. Como o comportamento dos gráficos de Streeter-Phelps e QUAL-UFMG é muito próximo, apresenta-se, aqui, apenas o resultado do QUAL-UFMG, representado na Figura 4.

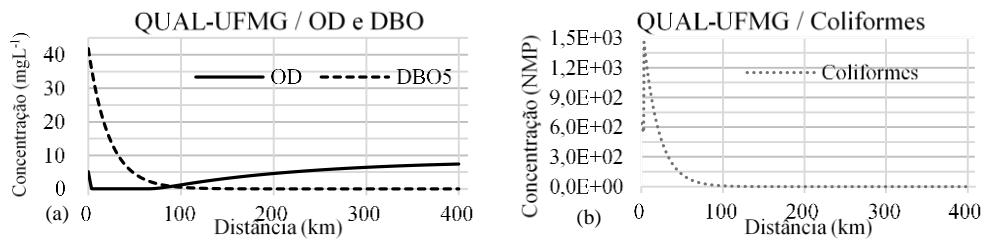


Figura 4 – Perfil de OD e DBO (a) e coliformes (b) do cenário I no modelo QUAL-UFMG, para o ponto P1, no dia 14/05/17.

Comparando-se os gráficos do cenário II com os do cenário I, observa-se grande semelhança, evidenciando que nas condições atuais de qualidade da água do rio Paraíba do Sul, a pequena vazão de esgoto – quando comparada a vazão do rio – do distrito de Barão de Juparanã não é suficiente para interferir na curva de OD e DBO, interferindo apenas na curva de coliformes, que ainda assim, mostra-se não alterada quanto ao trecho necessário para alcançar a concentração zero.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstra que a qualidade da água do rio Paraíba do Sul já se encontra comprometida antes de chegar ao distrito de Barão de Juparanã, devido ao lançamento de efluentes a montante, e que ao receber o esgoto, sem qualquer tratamento, sua qualidade tem uma leve piora. Quanto à capacidade de autodepuração deste corpo hídrico, percebe-se que já está comprometida, mas tendo em vista a grande vazão do rio, a vazão de esgoto do distrito não é suficiente para promover qualquer alteração nesta capacidade, ainda que afete negativamente a sua qualidade. Este estudo evidencia, ainda, a necessidade de planos de incentivo à melhora da qualidade da água deste rio, visto que na região de estudo, ele já se encontra fora de seu enquadramento – levando-se em consideração, especialmente, a concentração de DBO e OD, assim como a colimetria – devendo, esse plano, ter início em sua nascente e ser continuado em todo seu curso. Uma severa fiscalização quanto aos lançamentos de efluentes é essencial para que a qualidade do rio se mantenha boa, principalmente em locais próximos a pontos de captação para abastecimento público e seus usos econômicos, como na agricultura e em indústrias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEVAP, ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. *Plano Municipal de Saneamento Básico: Valença*. 2014.
- APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22th edition Washington DC, 2012.
- BAPTISTA, G. M. M; ARAÚJO NETO, M. D. *Processo de Eutrofização Artificial no Lago Paranoá*, Brasília, DF. Genomos, v. 2, n. 2, p. 31-39. 1994.
- BRASIL, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Portal da qualidade das águas*. 2004. Disponível em <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em 04 abr. 2019.

- BRASIL, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas*. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília – DF. 2017.
- BRASIL, CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução n. 357, de 17 de março de 2005*. Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- BRASIL, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Área Territorial Brasileira*. 2015. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm. Acesso em 04 abr. 2019.
- BRASIL, MINISTÉRIO DO INTERIOR (MINTER). *Classificação dos cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul*. Portaria GM n. 86, de 04 de junho de 1981.
- COPPETEC. *Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo*. 2006.
- ONU. *Water-related diseases responsible for 80 per cent of all illnesses, deaths in developing world', says Secretary-General in Environment Day Message*. 2003. Disponível em <http://www.un.org/press/en/2003/sgsm8707.doc.htm>. Acesso em 04 abr. 2019.
- POLAZ, C.N.M. *et al. Plano de ação nacional para a conservação de espécies aquáticas ameaçadas de extinção da Bacia do Rio Paraíba do Sul*. ICMBio. 2011. 140p.
- REBOUÇAS, A. C. *Água no Brasil: abundancia desperdício e escassez*. BAHIA ANÁLISE & DADOS, v. 13, n. ESPECIAL, p.341-345. 2003.
- RICCIARDONE, P. *et al. Avaliação da Capacidade de Autodepuração do Rio das Mortes no Município de Vassouras/RJ*. Revista Eletrônica TECCEN Vassouras, v. 4, n. 3, p. 63-76. 2011.
- SALES, R. J. M. *et al. Aplicação das equações de Streeter-Phelps em rios que recebem fontes de poluentes pontuais e difusas, para avaliar o comportamento das concentrações de oxigênio dissolvido*. X Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 10, n. 12, p. 112-123. 2014.
- SOUZA JR, D.I. *A degradação da bacia do Rio Paraíba do Sul*. Universidade Federal Fluminense. ENGEVISTA, v.6, n.3, p.99-105. 2004.
- VON SPERLING, M. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: vol. 1*. 3. ed. DESA/UFMG, Belo Horizonte-MG. 2005. 452p.
- VON SPERLING, M. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: vol. 7*. 2. ed. DESA/UFMG, Belo Horizonte-MG.. 2014. 592p.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Drinking-water*. 2015. Disponível em <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/en/>. Acesso em 04 abr. 2019.