
Caracterização físico-química, microbiológica e parasitológica do efluente tratado da ETE de São José do Rio Preto-SP

Physico-chemical, microbiological and parasitological characterization of treated sewage effluent of the ETE of São José do Rio Preto-SP

Letícia Fernandes¹, Viviani Ferreira¹, Ane Franciele Tapparo Moraes²

¹Curso de Ciências Biológicas da Universidade Paulista, São José do Rio Preto-SP, Brasil; ²Serviço Municipal Autônomo de Água e Esgoto, São José do Rio Preto-SP, Brasil.

Resumo

Objetivo – Avaliar as condições de reuso do efluente final da ETE de São José do Rio Preto-SP, verificando os possíveis destinos, de acordo com a qualidade parasitológica, microbiológica e físico-química, comparados com diretrizes e padrões existentes, para que o reuso não cause prejuízos à saúde da população. **Métodos** – Os parâmetros estudados foram: pH; turbidez; cloro residual; oxigênio dissolvido; sólidos dissolvidos totais; coliformes termotolerantes e ovos de helmintos. **Resultados** – Os valores médios das análises dos indicadores analisados foram, pH 7,43; turbidez 22,6 NTU; cloro residual 0,05mg/L; oxigênio dissolvido 3,73mg/L; sólido dissolvidos totais 420,9mg/L; coliformes termotolerantes 4.700 NMP/100mL e não houve presença de ovos de helmintos. **Conclusões** – Foi possível classificar o efluente, frente a norma NBR 13969:1997, na CLASSE 4, que permite o reuso em pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de irrigação de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. E de acordo com a OMS o efluente se enquadra nas categorias B e C, podendo ser utilizado em irrigação de culturas de cereais, culturas industriais, culturas forrageiras, pastagens e árvores, com ou sem exposição de trabalhadores e público em geral.

Descritores: Águas residuais; Qualidade da água; Efluente tratado

Abstract

Objective – To evaluate the reuse conditions of the end of the SST effluent of São José do Rio Preto-SP, checking the possible destinations, according to the quality parasitological, microbiological and physical-chemical, compared to guidelines and existing standards, so reuse does not cause harm to health. **Methods** – The parameters studied were: pH; turbidity; Residual chlorine; Dissolved oxygen; total dissolved solids; fecal coliforms and helminth eggs. **Results** – The average values of the analysis of the indicators analyzed were pH 7.43; 22.6 NTU turbidity; residual chlorine 0.05mg/L; dissolved oxygen 3.73mg/L; total dissolved solid 420.9mg/L; fecal coliforms 4,700 MPN /100ml and there was no presence of helminth eggs. **Conclusions** – It was possible to classify the effluent, compared to NBR 13969: 1997, Class 4, which allows reuse in orchards, cereals, fodder, pastures for cattle and other crops through irrigation runoff or from point irrigation system. And according to the WHO the effluent falls in categories B and C, can be used in irrigation of cereal crops, industrial crops, forage crops, pastures and trees, with or without employees and the general public exposure.

Descriptors: Waste water; Water quality; Treated effluent

Introdução

O acentuado e desordenado crescimento da população, o aumento gradativo da demanda e a contínua poluição dos mananciais ainda disponíveis são os principais fatores que contribuem para o aumento do consumo de água¹. A má gestão de recursos hídricos (na agricultura, indústria e no consumo humano) também contribui para o problema da escassez de água².

Com o aumento da demanda por água potável, observa-se a necessidade de adotar medidas para economizá-la por meio da criação de sistemas para a conservação dos recursos hídricos, assim como desenvolvimento de ferramentas para a conscientização da população usuária, sistemas e métodos para reaproveitamento da água³.

A utilização de águas residuárias tratadas tem sido apontada como uma das alternativas para suprir as demandas menos restritivas⁴. As possibilidades e formas de reuso são apontados por Hespanhol (2002)⁵, podendo ser utilizados na agricultura, indústrias, limpeza urbana, recarga de aquíferos e até em usos recreacio-

nais. O autor enfatiza que é necessário avaliar os níveis de tratamento recomendados e os critérios de segurança a serem adotados, que serão estabelecidos de acordo com o destino do reuso⁴.

Uma das vantagens de se usar a água residuária é baseada na urgência de se reduzir a poluição dos rios e lagos⁶.

No entanto, uma desvantagem na utilização destas águas está relacionada aos riscos à saúde pública⁷. Alguns estudos epidemiológicos associados ao uso das águas residuárias na agricultura, têm evidenciado que há riscos de transmissão de doenças diarréicas e infecções intestinais ocasionadas por vírus, bactérias, protozoários e helmintos, sendo que dentro dos grupos de patógenos, cada um apresenta um potencial de transmissão de doenças⁸.

Segundo a *World Health Organization* (WHO)⁹, a persistência desses organismos no meio ambiente, a baixa dose infectante e a baixa imunidade do hospedeiro, são alguns fatores que interferem na contaminação parasitológica quando da utilização de águas resi-

duárias. O risco para saúde humana depende também do ciclo de vida e da rota de transmissão dos parasitas, como as condições ambientais que podem favorecer ou não a sobrevivência destes seres¹⁰.

A exposição dos indivíduos às águas residuárias aumenta os riscos de infecção por helmintos em geral. Desta maneira, se faz importante analisar criteriosamente como esta água será utilizada e avaliar a presença de ovos de helmintos e de outros indicadores microbiológicos, de modo a garantir a proteção dos consumidores⁸.

No Brasil, não há uma legislação específica sobre o reuso de águas residuárias. Seguem-se, assim, as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS)¹¹, que estabelece e descreve os padrões de qualidade recomendados para esgoto tratado para utilização na irrigação utilizando os coliformes termotolerantes e ovos de helmintos como padrão de qualidade microbiológica e parasitológica. E a norma NBR13969: 1997¹²⁻¹³ que aborda o reuso como uma alternativa de disposição dos esgotos tratados e descreve as classes de água de reuso dentro dos padrões de qualidade necessários.

O presente trabalho teve por objetivo realizar um levantamento físico-químico, microbiológico e parasitológico do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto de São José do Rio Preto-SP (ETE Rio Preto), enquadrando e comparando os resultados obtidos frente os padrões recomendados pela OMS, junto à norma NBR 13969: 1997, verificando também os possíveis destinos para sua utilização, para que o reuso não cause prejuízos à saúde.

Métodos

A área escolhida para estudo foi a ETE Rio Preto, pertencente ao município de São José do Rio Preto, no Estado de São Paulo, e sob responsabilidade do SeMAE (Serviço Municipal Autônomo de Água e Esgoto)¹⁴.

O sistema é composto por um tratamento preliminar com grade, caixa de areia e calha Parshall. Seguido de tratamento secundário, onde são tratamentos biológicos, composto por Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (UASB), e um processo de tratamento por lodos ativados que é composto por tanques de aeração, decantadores e estação de recirculação de lodo. Quando necessário se faz a cloração dos efluentes da estação de tratamento¹⁴.

Foram realizadas coletas quinzenais, no período de abril a outubro de 2015. As amostras foram coletadas em recipientes sugeridos para cada análise, devidamente identificados e transportados rapidamente para o Laboratório Físico-Químico e Microbiológico da ETE Rio Preto, onde foram desenvolvidas todas as análises previstas.

Foram analisados parâmetros físico-químicos, microbiológicos e parasitológicos, entre estes pH, turbidez (NTU), cloro residual (mg/L) e coliformes totais e termotolerantes, onde foram adotadas as técnicas contidas no Manual Prático de Análise de água¹⁵, da Fundação Nacional de Saúde. Foi analisado também oxigênio dis-

solvido (mg/L), determinado através do método eletrométrico que utiliza aparelhos chamados de oxímetros; sólidos dissolvidos totais (mg/L), determinados de acordo com o método de ensaio contido na Norma Técnica Interna SABESP NTS 013¹⁶ e quantificação de ovos de helmintos, onde foi adotada a técnica por meio de sedimentação com auxílio de centrífuga – método de Bailer¹⁷ modificado e posterior flutuação dos ovos com adição de solução de sulfato de zinco a 33%, para proporcionar a flotação dos organismos parasitários.

Resultados e Discussão

O estudo foi realizado em um período de sete meses e os resultados das análises físico-químicas revelaram os seguintes valores (média): pH 7,43; turbidez 22,6 NTU; cloro residual 0,05mg/L; oxigênio dissolvido 3,73mg/L e sólidos dissolvidos totais 420,9mg/L, como pode ser observado na Tabela 1.

Na Tabela 2, mostra os valores médios dos meses em que foi realizado o estudo, para comparação e enquadramento frente às normas.

Os valores médios mensais de pH obtidos durante o estudo variaram entre 7,16 a 7,77. A faixa de variação de pH estabelecida pela norma NBR13969:1997 é entre 6,0 e 8,0. Portanto, observou-se regularidade neste parâmetro da água de reuso. Valores médios de pH semelhantes também foram encontrados em estudos realizados por Colares e Sandri (2013)¹⁸.

Os resultados de turbidez no mês de abril se enquadraram na CLASSE 1 da Norma NBR13969:1997, sendo inferior a 5 NTU. E o restante dos meses apresentaram valores acima dos limites considerados pela norma até para CLASSE 3, a qual é estabelecido turbidez inferior a 10 NTU. A mesma discordância foi verificada por Santos (2000)¹⁹, pois os valores apresentados pelos efluentes finais de três estações de tratamento de esgotos do Distrito Federal, também apresentaram valores acima do limite recomendado. No trabalho de Pereira (2013)²⁰, os valores de turbidez também não se encaixaram nas linhas de reuso proposta pelo trabalho. Essa discordância nos valores de turbidez pode ser explicada a partir da relação com as taxas de sólidos presentes nas amostras e com o crescimento microbiano²⁰.

Em relação às concentrações de cloro residual, observa-se que durante todo o período de estudo encontraram-se abaixo do limite estipulado pela CLASSE 1 da norma, sendo entre 0,5 a 1,5mg/L.

É de extrema importância o controle da dosagem de cloro no sistema de tratamento de águas residuárias. De acordo com Cunha (2008)²¹, o cloro residual é a quantidade de cloro que deve permanecer na água até a sua utilização final, prevenindo assim a proliferação de bactérias e problemas patogênicos, dessa forma deve-se levar em consideração um valor mínimo para assegurar a manutenção da desinfecção, sendo de 1,0mg/L e um valor máximo, 5,0mg/L, para reduzir os danos causados em algumas espécies de plantas, devido a quantidade excessiva de cloro residual presente na água.

Já os valores apresentados referentes às análises de

Tabela 1. Resultados obtidos dos parâmetros analisados do efluente da ETE do município de São José do Rio Preto

Data	pH	Turbidez (NTU)	Cloro residual (mg/L)	Oxigênio dissolvido (mg/L)	Sólidos dissolvidos Totais (mg/L)	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	Ovos de helmintos (ovos/L)
06/04/15	7,90	3,01	0,08	3,28	291,2	9,3 x 10 ²	< 0
21/04/15	7,63	4,83	0,05	2,89	395,5	5,6 x 10 ³	< 0
11/05/15	7,43	43,8	0,08	4,34	538,0	2,6 x 10 ³	< 0
25/05/15	7,25	39,8	0,06	2,68	392,5	4,0 x 10 ²	< 0
08/06/15	7,24	34,9	0,07	3,76	493,5	1,1 x 10 ⁴	< 0
20/06/15	7,24	41,5	0,02	4,28	–	–	–
07/07/15	7,06	39,3	0,05	4,01	432,5	1,4 x 10 ³	< 0
20/07/15	7,26	3,0	0,07	2,57	491,5	9,5 x 10 ³	< 0
04/08/15	7,78	2,54	0,03	4,98	465,0	2,2 x 10 ³	< 0
18/08/15	7,39	24,4	0,02	2,84	401,0	7,2 x 10 ³	< 0
31/08/15	8,05	14,9	0,08	1,67	489,3	4,0 x 10 ³	< 0
14/09/15	7,53	2,97	0,07	4,42	345,2	1,7 x 10 ³	< 0
28/09/15	7,09	30,2	0,05	5,59	390,0	7,8 x 10 ²	< 0
13/10/15	7,54	10,3	0,04	4,48	365,0	1,4 x 10 ⁴	< 0
27/10/15	7,05	43,7	0,03	4,28	402,0	–	< 0
Média	7,43	22,6	0,05	3,73	420,9	4,7 x 10 ³	0

Tabela 2. Resultados mensais obtidos dos parâmetros analisados do efluente da ETE do município de São José do Rio Preto

Mês	pH	Turbidez (NTU)	Cloro residual (mg/L)	Oxigênio dissolvido (mg/L)	Sólidos dissolvidos Totais (mg/L)	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	Ovos de helmintos (ovos/L)
Abril	7,77	3,92	0,07*	3,09	343,35*	3265	< 0
Mai	7,34	41,80*	0,07*	3,51	465,25*	1500	< 0
Junho	7,24	38,20*	0,05*	4,02	493,50*	11000*	< 0
Julho	7,16	21,15*	0,06*	3,29	462,00*	5450*	< 0
Agosto	7,74	13,95*	0,04*	3,16	451,77*	4466,7	< 0
Setembro	7,31	16,59*	0,06*	5,01	367,60*	1240	< 0
Outubro	7,30	27,00*	0,04*	4,38	383,50*	14000*	< 0

*Valores não correspondentes aos padrões recomendados pelas normas.

oxigênio dissolvido, também estão dentro dos padrões considerados pela norma, sendo acima de 2,0mg/L para as condições de reuso permitidos pela CLASSE 4, como pode ser observado na Tabela 2. Nos estudos realizados por Tonetti *et al.* (2012)²² e Colares e Sandri (2013)¹⁸ foram observadas concentrações semelhantes de oxigênio dissolvido em suas análises.

Os valores apresentados de SDT encontram-se, durante todo o estudo, acima dos índices aceitáveis pela CLASSE 1 da norma, sendo de <200mg/L.

Os SDT são importantes, pois em quantidades excessivas são responsáveis pela salinidade do solo, o que conseqüentemente, leva a problemas de permeabilidade e toxicidade para alguns vegetais. Porém Tsutiya (2005)²³ apresenta em seu estudo que são mínimos os danos causados às plantas e ao solo em concentrações de até 1000mg/L de SDT. Considera como prejudicial à biota somente concentrações de SDT acima de 1000mg/L.

Em relação ao valor médio de coliformes termotolerantes, o resultado encontrado durante o período de estudo foi de 4,7 x 10³NMP/100mL. Segundo a norma NBR o limite estabelecido pela CLASSE 4 de coliformes termotolerantes (fecais) deve ser inferior a 5000 NMP/100mL. Sendo assim nos meses de abril, maio, agosto e setembro o efluente esteve dentro dos padrões estabelecidos. Porém nos meses de junho, julho e outubro a concentração de coliformes fecais esteve acima dos padrões, resultando em 11.000NMP/100mL, 5.450 NMP/100mL e 14.000NMP/100mL, respectivamente.

Ao comparar os resultados obtidos com os valores microbiológicos sugeridos pela OMS, constata-se que os efluentes analisados se enquadram nas mesmas categorias que o efluente analisado por Tonetti *et al.* (2012)²², sendo nas categorias B e C.

Segundo um estudo feito por Sartori (2000)²⁴ a eficiência de desinfecção sofre interferência em relação

aos valores de turbidez da água. Sendo assim, quanto maior for a turbidez maior será o consumo de hipoclorito de sódio e/ou consumo de energia radiante (ultravioleta). Dessa forma, levando em consideração que a turbidez é causada por material em suspensão, quando os valores de turbidez estão altos, apresentam um grande risco microbiológico, diminuindo assim a eficiência de desinfecção, uma vez que esse material suspenso serve de abrigo aos organismos patogênicos²¹, protegendo-os da ação dos desinfetantes químicos e/ou da radiação UV.

Assim, os valores elevados de coliformes termotolerantes apresentados nos meses de junho, julho e outubro, podem ser explicados pelo fato de que nos respectivos meses os valores de turbidez também se encontram elevados, sendo uns dos maiores obtidos durante todo o período de estudo.

No entanto, ao comparar os resultados apresentados no mês de maio de coliformes termotolerantes e turbidez, observa-se que os valores altos de coliformes podem ser explicados por algum outro motivo, visto que neste mês estes estiveram dentro do padrão recomendado pela CLASSE 4 da norma NBR13969:1997, apresentando 1500 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes, e no mesmo mês apresentou o maior valor de turbidez durante todo estudo, sendo de 41,80 NTU.

Nas amostras do efluente tratado, não houve presença de ovos de parasitos em nenhuma das coletas realizadas durante o período de estudo. Essa ausência pode ser explicada considerando que as concentrações das formas parasitárias dependem das condições de saúde e sanitárias da população atendida pela rede coletora^{7,25}. Assim, as concentrações mais elevadas de ovos de parasitos estão associadas às populações expostas a condições de saneamento precário^{7,25}.

Ao comparar os resultados obtidos com os valores microbiológicos sugeridos pela OMS para uso de esgoto tratado, constata-se que o efluente analisado se enquadra nas categorias B e C, podendo ser utilizado para irrigação de culturas de cereais, culturas a serem industrializadas, culturas forrageiras, pastagens e árvores, com ou sem exposição de trabalhadores e público em geral, onde em B não há recomendação de padrão para coliformes fecais e recomenda <1 ovos/L para ovos de helmintos e em C esses padrões não se aplica.

E comparado os resultados obtidos com os padrões recomendados pela norma NBR13969:1997 foi possível classificar o efluente analisado na CLASSE 4, que permite o reuso em pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de irrigação de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual, onde recomenda-se pH entre 6,0 a 8,0, oxigênio dissolvido >2 mg/L e coliformes fecais >5000 NMP/100 mL.

Conclusões

Comparando os resultados obtidos pode-se concluir que em relação às características turbidez, cloro resi-

duo, sólidos dissolvidos e coliformes termotolerantes, que apresentaram valores fora dos padrões recomendados, o efluente necessita se adequar a pelo menos uma delas, para obter uma melhor qualidade da água de reuso, e assim podendo ser utilizado para outros fins.

A adequação pode ser feita com a implementação de um tratamento adicional, como etapas de coagulação e floculação ou sistemas de filtração para remoção de turbidez e sólidos dissolvidos totais; e cloração em quantidades relevantes na desinfecção, para haver regularidade dentro dos padrões recomendados de coliformes termotolerantes e de cloro residual, assim promovendo a manutenção da desinfecção.

Referências

1. Agência Nacional das Águas (ANA). Conservação e Reuso da Água em Edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica; 2005.
2. Medeiros GMG, Konig A, Ceballos BSO. Caracterização dos efluentes finais das ETE's do estado da Paraíba para reuso agrícola. *In: I Simpósio Nordeste de Saneamento Ambiental*; João Pessoa; 2006.
3. Silveira APP, Desasperi FT. Retenção de ovos de helmintos: Verificação da eficiência por meio de filtração a vácuo. *Bol Téc Fac Tecnol*. 2012;33:47-52.
4. Kaczala F. Viabilidade do uso de efluentes tratados por zona de raízes na irrigação: estudo de caso na Vila Dois Rios – Ilha Grande – RJ (dissertação de mestrado). Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública; 2005.
5. Hespanhol I. Potencial de reuso de água no Brasil – Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. *Rev Bras Rec Hídric*. 2002;7(4):75-95.
6. Hespanhol I, Gonçalves OM. Manual de conservação e reuso de água para a indústria. São Paulo: Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo; 2004.
7. Santos JG, Piveli RP, Campos F, Sundefeld G, Sousa TS, Cutolo SA. Análise parasitológica em efluentes de estações de tratamento de águas residuárias. *Rev Patol Trop*. 2012;41(3):319-36.
8. Zerbini AM. Identificação e análise de viabilidade de ovos de helmintos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos constituído de reatores anaeróbios e rampas de escoamento superficial (dissertação de mestrado). Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais; 2000.
9. World Health Organization (WHO). Regional Centre for Environmental Health Activities. Integrated Guide to Sanitary Parasitology. Geneva, Switzerland: WHO; 2004.
10. Zerbini AM, Chernicharo CAL, Viana EM. Estudo da remoção de ovos de helmintos e indicadores bacterianos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos por reator anaeróbio e aplicação superficial no solo. *In: Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*; Rio de Janeiro: ABES; 1999. v.1. p.1-10.
11. World Health Organization (WHO). Guidelines for the safe use of wastewater excreta and greywater. França; 2006. v.2.
12. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR13969: Tanques sépticos, unidade de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro; 1997.
13. Telles DD, Costa RPG. Reuso da água: conceitos, teorias e práticas. 1ª ed. São Paulo: Blücher; 2007.

14. Estação de tratamento de esgoto (base de dados na Internet). São José do Rio Preto: Serviço Municipal Autônomo de Água e Esgoto (acesso 7 abr 2015). Disponível em: <http://www.semae.riopreto.sp.gov.br/Data/Sites/3/media/ETE.pdf>
15. Manual Prático de Análise de Água. Fundação Nacional de Saúde. 4ª ed. Brasília: Funasa; 2013 (acesso 7 abr 2015). Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf
16. Norma Técnica Interna SABESB. Revisão 1 – NTS 013. Sólido: Método de Ensaio. São Paulo; 1999 (acesso 8 abr 2015). Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf>
17. Ayres RM, Mara DD. Analysis of wastewater for use in agriculture – A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques. Leeds. England: Department of Civil Engineering University of Leeds; 1996.
18. Colares CJG, Sandri D. Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte. *Rev Ambiente Água*, 2013;8(1):172-85.
19. Santos IJ. Reuso de água no Distrito Federal: estudo da potencialidade do aproveitamento de esgotos sanitários (dissertação de mestrado). Brasília: Universidade de Brasília; 2000.
20. Manetti AGS, Pereira HS, Senhor V. Características da água residual do campus Capão do Leão. *In: Ecoinnovar*. Santa Maria: UFPL; 2014.
21. Cunha VD. Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reúso urbano (dissertação de mestrado). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; 2008.
22. Tonetti AL, Coraucci Filho B, Nicolau CE, Barbosa M, Tonon D. Tratamento de esgoto e produção de água de reúso com emprego de filtros de areia. *Eng Sanit Ambient*. 2012;17(3):287-94.
23. Tsutiya MT. Abastecimento de Água. 2ª ed. São Paulo; 2005.
24. Sartori L, Souza JB, Daniel LA. Influência da cor e turbidez na desinfecção de águas de abastecimento utilizando-se cloro e radiação ultravioleta. São Paulo: Escola de Engenharia São Carlos – USP: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2000.
25. Von Sperling M, Jordão EP, Kato MT, Sobrinho PA, Bastos RXX, Pivelli R. Lagoas de Estabilização. *In: Gonçalves RF, coordenador. Desinfecção de efluentes sanitários*. Rio de Janeiro: RiMa; 2003. p. 277-336.

Endereço para correspondência:

Letícia Fernandes
Av. Pres. Juscelino Kubitschek de Oliveira, s/nº – Jardim Tarraf II
São José do Rio Preto-SP, CEP 15091-450
Brasil

E-mail: leee_fer@hotmail.com

Recebido em 20 de maio de 2016
Aceito em 15 de agosto de 2017