

II-605 - ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DE REÚSO DO EFLUENTE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO MUNICÍPIO DE TEOTÔNIO VILELA - AL

Jéssica Soares Cavalcante⁽¹⁾

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Alagoas. Mestranda em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

Marcio Gomes Barboza⁽²⁾

Engenheiro civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Assoicado e pesquisador do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Endereço⁽¹⁾: Condomínio Residencial Primavera I, apartamento 27, Rua Carlos de Camargo Salles nº 492 – Vila Lutifalla II – São Carlos - SP - CEP: 13560-550 - Brasil - Tel: (82) 96448751 - e-mail: jessicasoarescavalcante@gmail.com

RESUMO

Com o aumento das pressões sobre os recursos hídricos, causadas principalmente pelo acréscimo do consumo de água e pela poluição das águas superficiais e subterrâneas, há a busca por alternativas que promovam a racionalização do uso da água. Nesse contexto, o reúso de efluentes de estações de tratamento de esgoto (ETE), para atividades que não exijam qualidade de água muito elevada, é apontada como uma alternativa inteligente e eficiente. Existem muitos estudos relacionados com a utilização de efluentes de ETEs em atividades como agricultura, piscicultura e atividades industriais. No entanto, o reúso de efluentes não deve ser realizado de modo indiscriminado, visto que os esgotos sanitários apresentam substâncias que são bastante prejudiciais à saúde humana e ao ambiente. Os sistemas de tratamento de esgoto formados por lagoas de estabilização são sistemas consolidados no mundo por apresentarem baixos custos de operação e manutenção, além de ter alta eficiência na remoção de carga orgânica e organismos patogênicos, dependendo da sua configuração. Nesse sentido, o presente estudo avaliou as potencialidades de reúso do efluente das lagoas de estabilização do município de Teotônio Vilela em Alagoas. Para isso, foram realizadas análises do efluente das lagoas de estabilização e comparações dos resultados obtidos com os dados recomendados na literatura. Como objetivo complementar, avaliou-se a qualidade do corpo receptor do efluente da ETE, riacho das Minhocas, antes e depois do lançamento do efluente. O efluente final da ETE apresentou concentração de E. coli na ordem de 2000 UFC/100 mL e com isso o efluente pode ser utilizado para reúso para fins agrícolas (reúso restrito e irrestrito), reúso urbano restrito e piscicultura.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto sanitário, lagoas de estabilização, reúso de efluentes.

INTRODUÇÃO

A água é um bem indispensável para o desenvolvimento das atividades humanas. A crescente dificuldade de obtenção desse bem com qualidade apropriada para o consumo influencia no valor a ser pago para sua aquisição. O aumento da população, associado ao mau uso e a distribuição irregular da água nas regiões estão entre os principais fatores que comprometem sua disponibilidade (ARAÚJO, 2000).

Com isso, há uma busca crescente por alternativas que promovam a diminuição da pressão das atividades humanas sobre os corpos hídricos, como por exemplo, o tratamento dos esgotos antes do seu lançamento e a utilização dos efluentes das estações de tratamento de esgoto (ETEs) para usos menos nobres.

Reúso consiste no uso de efluentes, tratados ou não, para utilização em atividades que não requerem águas com qualidade muito elevada, diminuindo assim a demanda por água potável (MIERZWA; HESPANHOL, 2005 *apud* WEBER, CYBIS; BEAL, 2010). O reúso planejado de águas residuárias tratadas é uma prática antiga, porém devido à consciência ambiental dos dias atuais, houve uma retomada mais forte a esse conceito, principalmente pela percepção de que futuramente essa prática se tornará uma necessidade (CROOK, 1993).

Lagoas de estabilização, são uma forma simples, eficiente, de baixo custo de implantação e manutenção para tratar esgotos sanitários e, dependendo da configuração adotada, apresenta efluente com nível de qualidade satisfatória para várias opções de reúso, principalmente no que se refere à remoção de patógenos.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade do efluente da ETE do município de Teotônio Vilela/Alagoas para sugerir potenciais alternativas de reúso, baseadas em informações contidas na literatura pesquisada.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ETE do município de Teotônio Vilela foi implantada em 1996 como forma de mitigar o problema de mortalidade infantil (83 mortos a cada 1000 nascidos) que estava ocorrendo na região naquele período e ficou nacionalmente conhecido. É composta por tratamento preliminar, com gradeamento e caixa de retenção de areia, e tratamento secundário composto por duas lagoas em série: uma anaeróbia e uma facultativa. Vale citar que o projeto inicial previa a construção de mais duas lagoas de maturação, porém estas não saíram do papel.

As características das lagoas da ETE de Teotônio Vilela estão apresentadas na Tabela 1 e a Figura 1 mostra uma visão de satélite do sistema.

Tabela 1: Características das lagoas de estabilização

Característica	Lagoa anaeróbia	Lagoa facultativa
Forma	Trapezoidal	Retangular
Área (ha)	0,5	2,8
Profundidade (m)	Entre 4 e 5	Entre 1 e 2



Figura 1: Lagoas de estabilização ETE Teotônio Vilela

Aproximadamente 50% da população de Teotônio Vilela é atendida pelo sistema de tratamento, o que corresponde a 14.600 habitantes.

A caracterização da ETE foi realizada através da análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos das amostras do sistema que foram coletadas em seis visitas ao local. As campanhas de coleta foram realizadas entre os meses de junho e novembro de 2014. Os pontos de coletas foram no tratamento preliminar e nas saídas das lagoas anaeróbia e facultativa. As análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da primeira visita ao local de estudo, foi possível perceber que existiam falhas de implantação, manutenção e operação da ETE. Como, por exemplo, tubulações instaladas incorretamente, ausência de pontos

de visita entre as lagoas, ausência de calha Parshall, caixa de retenção de areia obstruída, assoreamento de parte da lagoa anaeróbia, entre outros.

No entanto, essas limitações não impediram que a remoção de impurezas atingisse eficiências consideravelmente satisfatórias, como pode ser observado na Tabela 2. Para fins de comparação, foram adicionadas as eficiências típicas de remoção dos poluentes segundo von Sperling (2005). Como pode ser observado, as eficiências de remoção dos poluentes do sistema de tratamento do município de Teotônio Vilela estão de acordo com o apresentado na literatura.

Tabela 2: Eficiências globais de remoção da ETE

Parâmetro	Eficiências médias de remoção (%)	
	ETE Teotônio Vilela	Literatura (von Sperling, 2005)
DQO	66	65 – 80
DBO	91	75 – 85
Coliformes totais	99,7	-
<i>E. coli</i>	99,993	90 – 99*
N-Amoniacal	41	< 50
Nitrogênio total	30	< 60
Fósforo total	26	< 35

* Coliformes termotolerantes

Tabela 3 apresenta o resultado correspondente à média aritmética de cada uma das análises realizadas do efluente da ETE.

Tabela 3: Características do efluente da ETE

Parâmetro	Efluente da ETE	Faixa de variação		Nº de Análises
		Mínimo	Máximo	
Cor verdadeira (mg Pt/L)	131	93	158	3
Turbidez (UNT)	172	157	246	4
pH	8,3	7,8	8,8	6
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	238,3	156,9	395,5	6
DQO (mg/L)	277	236	375	5
OD (mg/L)	11,2	7,9	14,5	4
DBO (mg/L)	37	13	51	4
Coliformes totais (UFC/100 mL)	1X10 ⁶	4X10 ⁵	3X10 ⁶	5
<i>E. coli</i> (UFC/100 mL)	2X10 ³			1
Nitrato + Nitrito (mg/L)	0,05	0,03	0,06	5
N-Amoniacal (mg/L)	28,4	23,9	32,8	4
N-Total (mg/L)	60,6	45,6	73,9	4
Fósforo Total (mg/L)	9,7	5,9	18,4	5
Sulfatos (mg/L)	56	16	84	4
Cloretos (mg/L)	95	52	144	4
Sólidos Totais (mg/L)	609	440	802	5
Sólidos Fixos (mg/L)	371	214	572	5
Sólidos Voláteis (mg/L)	238	160	348	5
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	0,2	0,1	0,4	5

Potenciais formas de reúso do efluente

A partir dos resultados obtidos para os parâmetros analisados do efluente da ETE de Teotônio Vilela, foram feitas comparações com normas e recomendações pertinentes ao reúso de águas residuárias para apontar as potencialidades de reúso do efluente. As referências utilizadas para a indicação das formas de reúso foram as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006), da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2012) e as diretrizes PROSAB para reúso de esgotos sanitários (FLORENCIO; BASTOS; AISSE, 2006).

Na maioria das diretrizes de reúso de efluentes, o número de ovos de helmintos é um parâmetro de comparação. Porém, não foi possível realizar essa análise com o efluente da ETE de Teotônio Vilela. Como consequência, na comparação dos resultados dos parâmetros para o efluente da ETE, esse parâmetro será desconsiderado. Mesmo assim, é importante ressaltar que no tratamento de esgoto doméstico por lagoas de estabilização, a remoção de ovos de helmintos é elevada e, geralmente, satisfaz valores menores que 10^1 . A resultados obtidos para o efluente da ETE serão comparados separadamente para reúso na agricultura e reúso urbano.

Comparação com as diretrizes para reúso na agricultura

As Tabelas 4, 5, e 6 mostram a comparação dos parâmetros do efluente da ETE de Teotônio Vilela com as diretrizes para reúso na agricultura da WHO (2006), USEPA (2012) e PROSAB (2006), respectivamente.

Tabela 4: Comparação do efluente da ETE com as diretrizes WHO para reúso na agricultura

Categoria	Opção ⁽¹⁾	<i>E. coli</i> 100 mL ⁻¹	Efluente da ETE
Irrigação Irrestrita	Cultivo de raízes e tubérculos	$\leq 10^3$	Não atende
	Cultivo de folhosas	$\leq 10^4$	Atende
	Irrigação localizada de plantas que se desenvolve distantes do nível do solo	$\leq 10^5$	Atende
	Irrigação localizada de plantas que se desenvolve rentes ao nível do solo	$\leq 10^3$	Não atende
	Emprego de técnicas de tratamento tais como: tratamento secundário + coagulação + filtração + desinfecção	$\leq 10^1$ ou 10^0	Não atende
Irrigação Restrita	Agricultura de baixo nível tecnológico e mão de obra intensiva	$\leq 10^4$	Atende
	Agricultura de alto nível tecnológico e altamente mecanizada	$\leq 10^5$	Atende
	Técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos	$\leq 10^6$	Atende

⁽¹⁾ Combinação de medidas de proteção à saúde.
Nematoides ≤ 1

Tabela 5: Comparação do efluente da ETE com as diretrizes USEPA para reúso na agricultura

Categoria	Descrição	Qualidade do efluente	Efluente da ETE
Culturas alimentícias	Irrigação superficial ou por aspersão de culturas alimentícias que são destinadas para consumo humano e consumidas cruas	pH = 6 a 9 DBO ≤ 10 mg/L Turbidez ≤ 2 NTU CTer = ND CR ≥ 1 mg/L	Não atende
Culturas alimentícias processadas	Irrigação superficial de culturas alimentícias que são destinadas para consumo humano e consumidas após processamento.	pH = 6 a 9 DBO ≤ 30 mg/L SST ≤ 30 mg/L CTer = 200/100 mL CR ≥ 1 mg/L	Não atende
Culturas não alimentícias	Irrigação de forragens, fibras, grãos, ou para irrigação de pastagens.		

CTer: coliformes termotolerantes, CR: cloro residual, SST: sólidos suspensos totais.

Tabela 6: Comparação do efluente da ETE com diretrizes PROSAB para reúso na agricultura

Categoria	Descrição	C_{Ter} 100 mL⁻¹	ovos helmintos L⁻¹	Efluente da ETE
Irrigação irrestrita	Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, inclusive culturas alimentícias ingeridas cruas. Inclui também a hidroponia.	$\leq 10^3 - 10^{4(1)}$	≤ 1	Atende
Irrigação restrita	Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura não ingerida crua, inclui culturas alimentícias e não alimentícias, forrageiras, pastagens e árvores. Inclui também a hidroponia.	$\leq 10^4 - 10^{5(2)}$	≤ 1	Atende

(1) No caso de irrigação por gotejamento de culturas que se desenvolvem distantes do nível do solo ou técnicas hidropônicas em que o contato com a parte comestível da planta seja minimizado.

(2) No caso da existência de barreiras adicionais de proteção ao trabalhador.

Comparação com as diretrizes para reúso urbano

Nas Tabelas 7 e 8 são apresentadas as comparações do efluente da ETE de Teotônio Vilela com as diretrizes USEPA (2012) e PROSAB (2012) para reúso urbano.

Tabela 7: Comparação do efluente da ETE com as diretrizes da USEPA para reúso urbano

Categoria	Descrição	Qualidade do efluente	Efluente da ETE
Irrestrito	Uso em aplicações não potáveis nos seguimentos municipais onde o acesso ao público não é restrito.	pH = 6 a 9 DBO ≤ 10 mg/L Turbidez ≤ 2 NTU C _{Ter} = ND CR ≥ 1 mg/L	Não atende
Restrito	Uso em aplicações não potáveis em seguimentos municipais onde o acesso ao público é controlado ou restrito por barreiras físicas ou institucionais.	pH = 6 a 9 DBO ≤ 30 mg/L SST ≤ 30 mg/L C _{Ter} = 200/100 mL CR ≥ 1 mg/L	Não atende

C_{Ter}: coliformes termotolerantes, CR: cloro residual, SST: sólidos suspensos totais.

Tabela 8: Comparação do efluente da ETE com as diretrizes PROSAB para reúso urbano

Categoria	Descrição	C_{Ter}/100 mL	ovos helmintos/L	Efluente da ETE
Usos irrestritos	Irrigação (campos de esporte, parques, jardins cemitérios etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso irrestrito ao público, limpeza de rua e outros usos com exposição similar.	≤ 200	≤ 1	Não atende
Usos restritos	Irrigação (parques, canteiros de rodovias etc) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeira em estradas vicinais, usos na construção (compactação do solo, abatimento de poeira etc.)	$\leq 10^4$	≤ 1	Atende
Uso predial	Descarga de toaletes.	$\leq 10^3$	≤ 1	Não atende

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A ETE de Teotônio Vilela, mesmo com as deficiências relatadas está funcionando de maneira bastante satisfatória, apresentando eficiências de remoção de impurezas de acordo com as que são previstas na literatura. Isso confirma as poucas exigências de operação e manutenção de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de esgoto doméstico.

O efluente da ETE apresenta qualidade suficiente para ser utilizado em algumas categorias na agricultura e em usos urbanos, considerando as diretrizes WHO e PROSAB. Para se encaixar em alguma categoria de reúso segundo as diretrizes USEPA, o efluente da ETE deve passar por mais algum tratamento, como, por exemplo, lagoas de maturação.

É possível fazer o reúso de efluentes de ETEs para atividades que não requerem qualidade muito elevada da água. No entanto, é necessário a disseminação dessa alternativa como fonte de água para que haja cada vez mais aceitação por parte da população sobre a utilização de esgoto tratado, o que ainda se mostra como uma barreira à essa prática.

De acordo com os recentes acontecimentos de racionamento de água em algumas regiões do Brasil e a constante seca, o reúso de esgoto sanitário tratado mostra-se como uma fonte promissora de água, pois evitaria a utilização de água potável na realização de atividades menos nobres. Com isso, os impactos sobre os recursos hídricos seriam reduzidos, tanto com relação à retirada de água, como na redução de lançamentos de cargas poluentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, L. D. F. P. **Reúso com lagoas de estabilização, potencialidade no Ceará**. Fortaleza: SEMACE, 2000.
2. CROOK, J. Critérios de qualidade da água para reúso. **Revista DAE**, v. 53, p. 10-18, 1993. ISSN 174.
3. FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. B.; AISSE, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
4. USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse**. Washington DC: USEPA, 2012.
5. VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.1 - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 243. 2006.
6. WEBER, C. C.; CYBIS, L. F.; BEAL, L. L. Reúso da água como ferramenta de revitalização de uma estação de tratamento de efluentes. **Eng Sanit Ambient**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 119-128, Abr/Jun 2010.
7. WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Geneva: WHO, 2006. v. 1.