

26º. Encontro Técnico AESABESP

DESINFECÇÃO DE ESGOTO TRATADO PELA TÉCNICA DE ULTRAVIOLETA: TESTES NA ETE DE REUSO JESUS NETTO

Allan Saddi Arnesen⁽¹⁾

Engenheiro da Superintendência de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – TX da SABESP - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Edilson de Oliveira Prado

Técnico em Sistema de Saneamento da Divisão de Controle Sanitário Centro – MCEC da SABESP - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Héctor Patrício Alvial Muñoz

Engenheiro da Divisão de Controle Sanitário Centro – MCEC da SABESP - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Márcio Alves Silva

Encarregado de Sistema de Tratamento de Esgoto da Divisão de Controle Sanitário Centro – MCEC da SABESP - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Rua Costa Carvalho, 300, Prédio da Prefeitura – piso superior – Pinheiros – São Paulo – SP - CEP: 05429-900 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388-9541 - Fax: +55 (11) 3388-8695 - e-mail: aarnesen@sabesp.com.br.

RESUMO

A desinfecção de esgoto sanitário é uma importante barreira à prevenção da transmissão de doenças microbiológicas à população e o cloro é a alternativa mundialmente mais adotada. No entanto, existem espécies de microrganismos que a cloração não é efetiva em remover, sendo importante a busca por tecnologias que inativem uma maior gama de patógenos. Neste trabalho foi avaliada a tecnologia de UV para desinfecção do efluente tratado da ETE de Reuso Jesus Netto, em São Paulo-SP. Foram realizados testes em duas configurações de piloto: uma de carácter preliminar com efluente do sistema UASB+Filtro Biológico, para avaliar o potencial da tecnologia, e outra mais detalhada em que a desinfecção foi aplicada ao efluente do sistema de lodos ativados, após filtração granular, para verificar a eficiência desta tecnologia de desinfecção no caso da ETE. Os resultados demonstraram a elevada eficiência da técnica (de 1,5 a 4 log de remoção de E.coli) e a influência de parâmetros como tempo de detenção, dose-UV e transmitância UV do efluente tratado.

PALAVRAS-CHAVE: desinfecção de esgoto sanitário, estação de reuso de água e radiação ultravioleta.

INTRODUÇÃO

A desinfecção de esgoto sanitário é uma importante barreira à prevenção da transmissão de doenças microbiológicas à população, pois busca inativar seletivamente espécies de organismos que representam risco à saúde humana em consonância com padrões de qualidade estabelecidos em legislações ambientais.

O controle da eficiência dos processos de desinfecção é feito com base em microrganismos indicadores, sendo a bactéria *E.coli* o principal indicador utilizado. Para o reuso de esgoto, os requisitos de desinfecção dependem do uso que será feito da água, sendo adotados processos específicos de desinfecção de acordo com o nível de exposição de humanos à água.

O processo de desinfecção do esgoto pode ocorrer por uma variedade de métodos, de princípios químicos (com agentes oxidantes como: cloro, ácido peracético e ozônio), físicos (radiação ultravioleta, por ex.) e até biológicos (lagoas, por ex.).

O método de desinfecção de esgoto tratado mais consolidado no mundo é a cloração, sendo que o cloro destrói os microrganismos pela oxidação do material celular (METCALF & EDDY, 2004). Os principais componentes utilizados em estações de tratamento de esgoto (ETEs) são o gás cloro (Cl_2), hipoclorito de sódio ($NaOCl$), hipoclorito de cálcio ($Ca(OCl)_2$) e o dióxido de cloro (ClO_2). Contudo, existem importantes fatores inconvenientes da utilização do cloro, tais como: a) produto é tóxico o que implica em risco à saúde de colaboradores e a população; b) o cloro reage com constituintes orgânicos presentes no esgoto e produz subprodutos (muitos deles carcinogênicos e/ou mutagênicos); c) cloro residual no efluente das ETEs é tóxico à vida aquática; d) formação de compostos químicos que podem exceder padrões regulamentadores seja para despejo em corpos receptores ou para reuso de água.

Devido à toxicidade que o residual de cloro representa aos ecossistemas aquáticos, a decloração é exigida em alguns locais (estados dos EUA, por exemplo) antes do despejo do efluente tratado nos corpos hídricos. A decloração é o processo de remoção do cloro livre e combinado por métodos químicos (bisulfato de sódio, por ex.) ou físicos (carvão ativado, por ex.). Quando exigida a decloração, a desinfecção com cloro perde sua vantagem econômica em comparação com outros métodos.

Diversas instituições de pesquisa em saneamento têm investigado processos alternativos de desinfecção de esgoto tratado, tais como ozônio e UV (USEPA, 2006; EPA-Victoria, 2002). A tecnologia de desinfecção com radiação ultravioleta (UV) é vantajosa em relação à cloração por não deixar componentes químicos na água. Na desinfecção com UV a radiação eletromagnética penetra nas células dos microrganismos, atingindo o material genético do organismo (DNA e RNA), o que destrói a capacidade reprodução das células. A radiação UV é capaz, inclusive, de inativar microrganismos que a cloração não remove, como *Cryptosporidium* e *Giardia* (BETANCOURT & ROSE, 2004).

A eficiência de desinfecção um sistema UV é dependente da qualidade do efluente tratado, sendo que a principal característica que interessa ao processo é a capacidade da radiação UV penetrar na água e atingir os microrganismos. Esta característica é representada por uma variável chamada de transmitância UV (ou UV-T), que é medida com espectrofotômetro no mesmo comprimento de onda das lâmpadas germicidas (i.e., 254nm).

Neste contexto, a técnica de UV para desinfecção foi testada neste trabalho, no intuito de adotar uma tecnologia mais eficiente na remoção de uma maior variedade de microrganismos patogênicos e possibilitar redução da dosagem total de cloro na ETE de Reuso Jesus Netto.

OBJETIVO

Avaliar a eficiência da tecnologia de UV para desinfecção do efluente tratado da ETE Jesus Netto.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ETE de Reuso Jesus Netto recebe uma vazão de esgoto de parte do bairro do Ipiranga, em São Paulo, de 58,7 L/s e produz uma vazão de 29,5 L/s de água de reuso destinada à utilização industrial (dados médios de vazão de 2014). A ETE possui dois processos de tratamento que operam em paralelo: a) sistema de lodos ativados (LA) ($Q_{méd}=20,9$ L/s em 2014); b) sistema combinado UASB e Filtros Biológicos (UASB+FB) ($Q_{méd}=8,6$ L/s em 2014). A Figura 1 apresenta o fluxograma de todo o processo de tratamento da ETE.

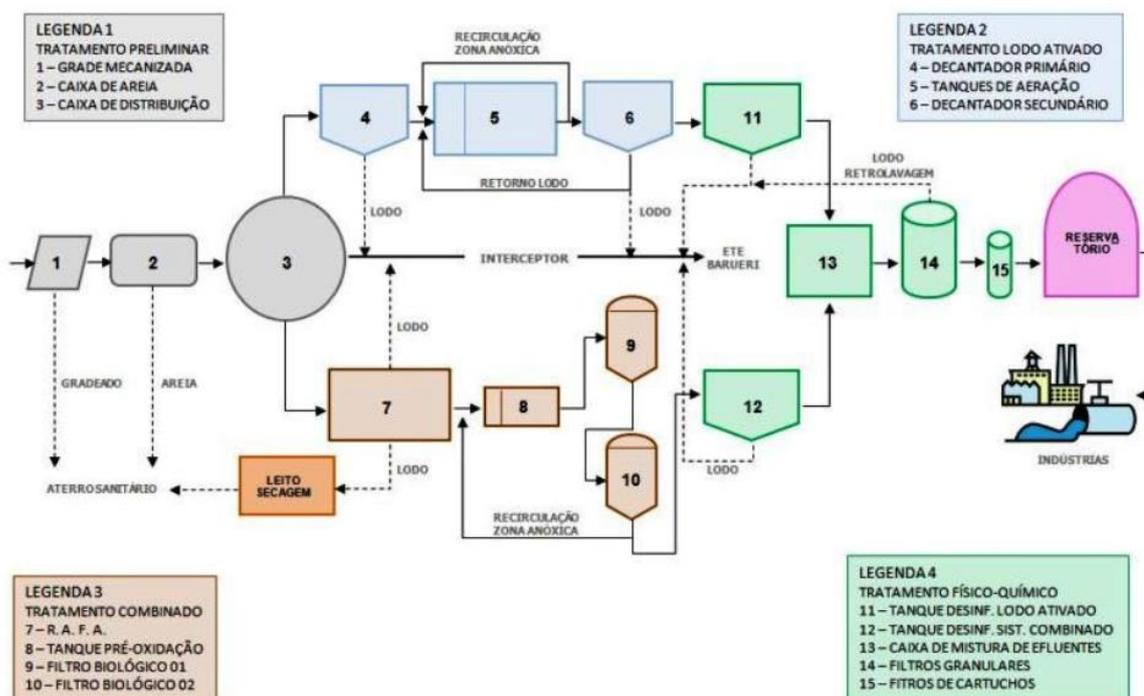


Figura 1: Fluxograma do processo de tratamento da ETE Reuso Jesus Netto. Fonte: Sabesp.

A desinfecção é realizada através da aplicação de hipoclorito de sódio (12% de cloro ativo Cl₂) em dois pontos: nas entradas dos tanques de desinfecção do sistema de LA (11 na Figura 1) e do sistema combinado (12 na Figura 1). A dosagem aplicada nestes pontos é a mesma (de 6 a 8 ppm) e ela é capaz de manter um residual final de 1ppm no sistema de armazenamento (reservatório) e distribuição à Indústria.

O monitoramento da eficácia da desinfecção é realizado através de análises de E.coli, desde 2013 no efluente final e com frequência semanal, sendo que neste período todos os resultados ficaram inferiores ao limite de detecção do método (ou seja, < 1 NMP/100mL). Entretanto, este é atualmente o único microrganismo analisado para controle do processo, mas existem patógenos não monitorados que não são inativados pelo cloro (como Cryptosporidium e Giardia).

Recentemente tem ocorrido um inconveniente de geração excessiva do íon cloreto (Cl⁻), sendo que os resultados de 2012 até 2015 têm se aproximado e, em alguns momentos, até mesmo superado o limite contratual estabelecido pela Indústria (de 70 mg/L).

Entende-se que a redução da dosagem total de cloro na ETE causaria uma minimização na geração do íon Cloreto pelo processo de tratamento. Buscando a dosagem de cloro aplicada na ETE e adoção de uma tecnologia que inative uma maior variedade de microrganismos patogênicos, foram realizados testes com a tecnologia de UV para desinfecção do efluente tratado da ETE.

Os reatores UV utilizados nos testes foram o UV MAX Modelo A, da Viqua/Trojan Technologies (Figura 2). Embora o painel tenha sido montado com quatro reatores, uma das lâmpadas está inoperante e, portanto, foram utilizados três reatores UV MAX, cujas características estão apresentadas na Tabela 1.



Figura 2: Painel com reatores UV utilizados nos testes.

Características do reator UV MAX Modelo A		
Vazão para uma dose UV de 16 mJ/cm ² *	11	L/min
Vazão para uma dose UV de 40 mJ/cm ² *	4	L/min
Voltagem	230	V
Frequência	50-60	Hz
Corrente máxima	0,4	Amp
Consumo energético máximo	22	Watts
Volume útil	0,91	L

Tabela 1: Características dos reatores UV MAX Modelo A utilizados nos testes. (*) valores válidos para transmitância UV de 85%. Fonte: Manual Trojan.

A dose UV é uma variável que mede a radiação ultravioleta que atinge os microorganismos, sendo o produto da intensidade média (em mW/cm²) e do tempo de detenção no reator. A unidade da dose UV é mJ/cm² e existem formas teóricas e empíricas de cálculo desta variável. A Tabela 1 apresenta os valores teóricos de dose UV calculados pela Trojan para as vazões de 11 e 4 L/min e UV-T de 85% no reator UVMAX Modelo A.

Os testes foram divididos em duas etapas: uma de carácter preliminar, para avaliar o potencial da tecnologia, e outra mais detalhada em que a desinfecção foi aplicada ao efluente do sistema de lodos ativados, após filtração granular, para verificar a eficiência desta tecnologia de desinfecção no caso da ETE.

Teste preliminar com efluente do UASB+FB

Neste primeiro teste, de carácter preliminar, objetivou-se verificar a capacidade de remoção de E.coli para duas condições diferentes de vazão (baixa=18L/min e alta=46L/min) do efluente do Filtro Biológico 02 (FB02), de forma a receber o efluente tratado pelo Sistema combinado (UASB+Filtros Biológicos) (Figura 3). Considerando que operaram três reatores UVMAX Modelo A, pode-se calcular o tempo de detenção e estimar as doses UV para as vazões testadas (Tabela 2).

Vazão total (L/min)	Vazão por reator (L/min)	Tempo de detenção (segundos)
18	6,0	9,1
46	15,3	3,6

Tabela 2: Dados de vazão e tempo de detenção nos reatores UVMAX Modelo A para o teste preliminar.

Para as vazões testadas e com base nas informações teóricas da Trojan (Tabela 1) é possível estimar que as doses UV foram de ± 30 mJ/cm², para Q=18L/min, e < 10 mJ/cm², para Q=46 L/min. Contudo, o efluente

tratado neste teste preliminar possui uma transmitância de aproximadamente 75%, ou seja, inferior à teórica de 85% da Tabela 1 utilizada como referência pela Trojan. Com isto, as doses UV podem ter sido ainda menores do que as estimativas citadas.

Em cada teste o piloto operou por aproximadamente 30 minutos para cada condição de vazão (baixa=18L/min e alta=46L/min) e foram realizadas coletas no afluente e efluente ao sistema UV para realização de análises quantitativas de E.coli. O teste foi realizado em Dezembro/14, sendo coletadas amostras em sete datas distintas.

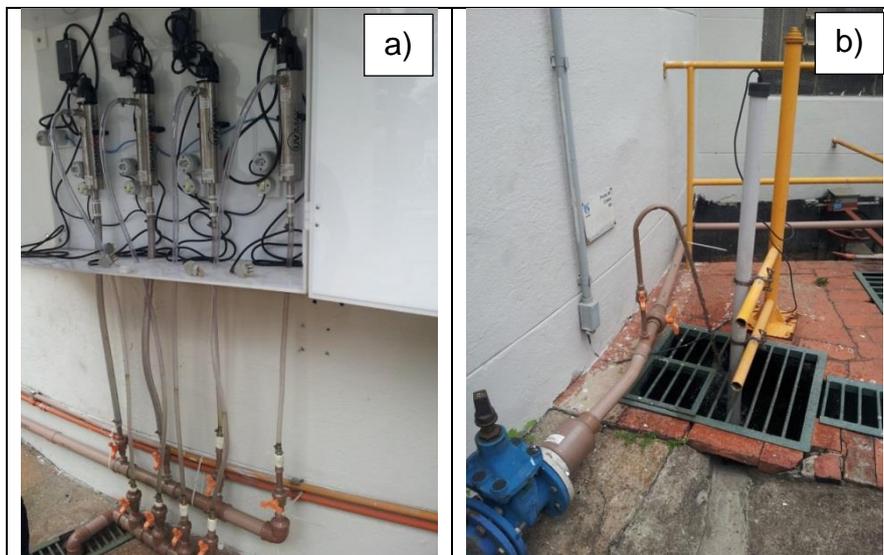


Figura 3: Fotografias do sistema de UV (a - painel e lâmpadas) e do ponto de coleta do afluente ao sistema UV (b).

Teste com efluente do LA filtrado

Depois da realização de testes preliminares utilizando o efluente do processo de UASB+FB, foram realizados testes para simular melhor o processo que ocorre na ETE. Para isso, optou-se pela utilização de um filtro de areia e carvão antracito que simula os filtros granulares da ETE, com taxas de filtração similares aos da estação (Tabela 3 apresenta as características dos filtros em escala piloto e real). O objetivo da instalação do filtro foi de clarificar o efluente do processo para favorecer a desinfecção com radiação UV, processo dependente da transmitância UV.

Características	Filtro Escala real	Filtro Escala piloto
Diâmetro (m)	2,92	0,35
Área superficial (m ²)	6,697	0,096
Vazão média (m ³ /h)	50	0,875
Taxa de filtração média (m ³ /m ² .dia)	179	218
Espessura da camada de antracito (superior) (m)	0,60	0,33
Espessura da camada de areia (inferior) (m)	0,30	0,15

Tabela 3: Características dos filtros de areia/antracito (escala real e piloto).

Inicialmente, optou-se por instalar o filtro para receber o efluente tratado do FB02. No entanto, logo no início dos testes observou-se que o filtro colmatava muito rapidamente (em menos de duas horas de operação). Por este motivo, o sistema piloto foi reconfigurado para receber o efluente tratado pelo processo de lodos ativados (Figura 4), o qual apresenta turbidez muito inferior ao sistema UASB+FB.

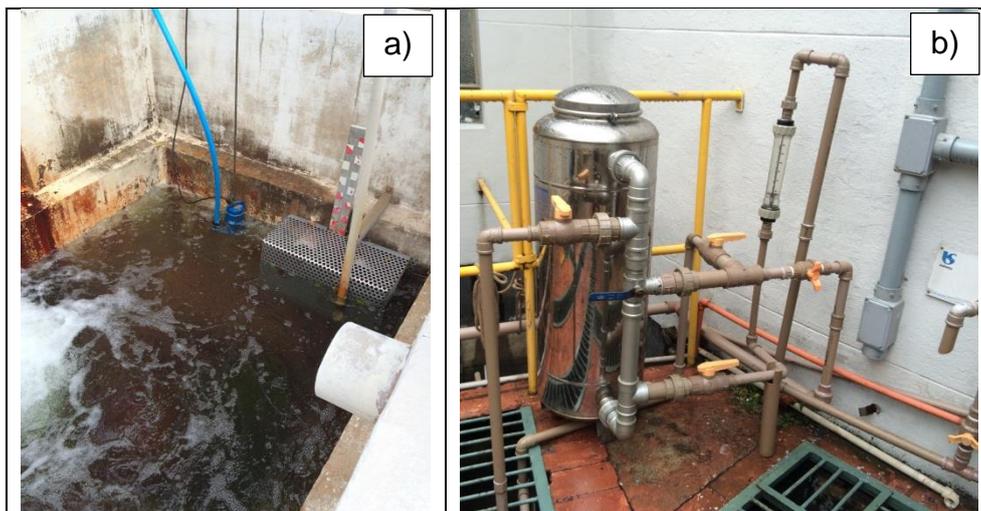


Figura 4: Fotografias do sistema da captação do efluente do sistema de LA (a) e passagem pelo filtro de areia + carvão antracito (b).

Com esta configuração foi possível operar o filtro com carreiras de filtração de 24 horas, realizando retrolavagens de 7 minutos de duração (tempo igual ao adotado no processo da ETE). Em um primeiro momento (durante uma semana), operou-se apenas o filtro para determinar sua eficiência no aumento da transmitância UV e na redução da turbidez. A vazão de operação do sistema era diariamente ajustada em 1000 litros/hora, o que equivale a uma taxa de filtração de $250 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$. Contudo, como a taxa era declinante, foram registradas as vazões de operação no final da carreira (imediatamente antes da lavagem).

Após este período, foi iniciada a operação do sistema UV tratando o efluente deste filtro. Este teste durou um mês, sendo coletadas amostras de afluente e efluente ao sistema UV em sete datas distintas de Fevereiro/2015 para determinação da eficiência na redução de E.coli. Também foram continuadas as análises de afluente e efluente ao filtro, para determinar sua eficiência na clarificação do esgoto tratado pelo LA.

Análises de qualidade do efluente tratado

Os ensaios de E.coli foram realizados utilizando a técnica de substrato enzimático (Standard Methods for the Examination Water and Wastewater 22nd Edition, 2012 – Method 9223B). Nela, a bactéria *Escherichia coli*, metaboliza determinado nutriente presente no meio de cultura, e libera um indicador que torna o meio azul fluorescente quando exposto à radiação Ultravioleta no comprimento de onda de 365 nm.

A amostra é misturada ao meio de cultura e colocada na cartela. Esta permanece por um período de 24 horas sob temperatura monitorada de 35°C para que os microorganismos se desenvolvam, após o período de incubação é realizada a contagem das cavidades positivas e estimada a densidade de bactérias presentes na amostra. Os resultados são expressos em NMP/100mL.

Também foram analisados os parâmetros turbidez e transmitância UV (comprimento de onda 254 nm) durante os testes, para verificar a influência destes parâmetros na eficiência da desinfecção.

RESULTADOS

Teste preliminar com efluente do UASB+FB

Os resultados do teste preliminar com efluente do sistema UASB+FB estão apresentados na Tabela 4 e Figuras 5 e 6.

Vazão Baixa (18 L/min)	E.coli (NMP/100mL)							Média		
	02/12/2014'	04/12/2014'	09/12/2014'	11/12/2014'	16/12/2014'	18/12/2014'	23/12/2014'			
Entrada	28500	344100	9590	19204	20640	28100	5036,6			
Saída	19,7	8704	41	20	41,7	7,6	20,4			
Eficiência	99,93%	97,47%	99,57%	99,90%	99,80%	99,97%	99,59%			

Vazão Alta (46 L/min)	E.coli (NMP/100mL)							Média		
	02/12/2014'	04/12/2014'	09/12/2014'	11/12/2014'	16/12/2014'	18/12/2014'	18/12/2014'			
Entrada	18900	298700	12110	20682	17820	24400	5312,4			
Saída	1017	10112	683	990	111	288	52,6			
Eficiência	94,62%	96,61%	94,36%	95,21%	99,38%	98,82%	99,01%			

Tabela 4: Resultados dos testes preliminares com UV para desinfecção.

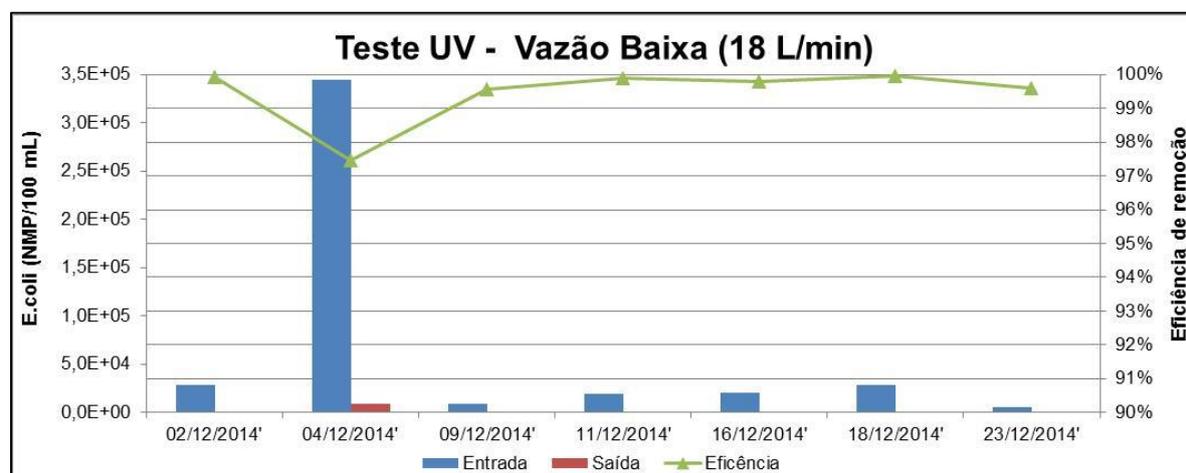


Figura 5: Resultado dos testes de desinfecção com UV para a vazão baixa (18L/min).

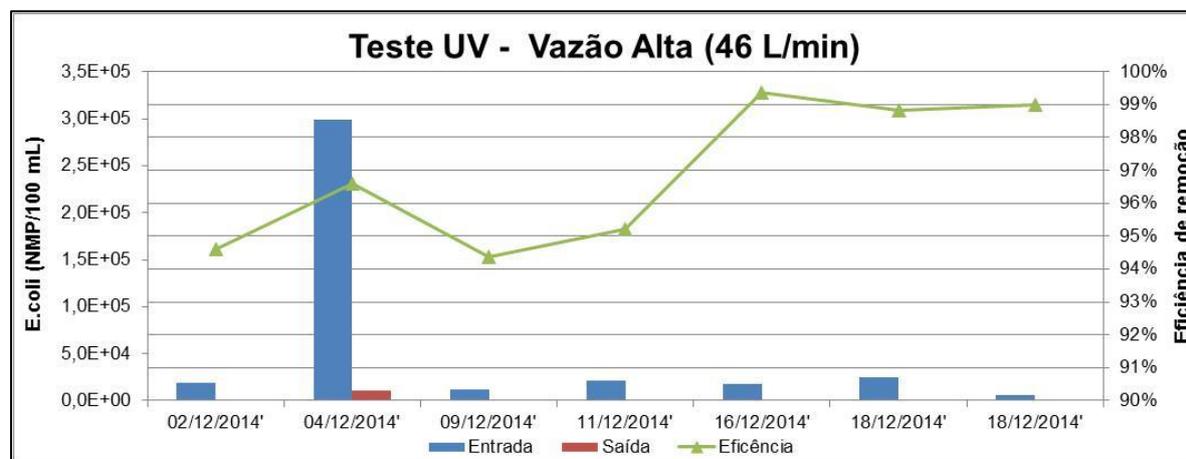


Figura 6: Resultado dos testes de desinfecção com UV para a vazão alta (46L/min).

Os resultados demonstraram que o sistema UV proporcionou a remoção média de 99,46% (ou 2,3 log de remoção) e 96,86% (ou 1,5 log de remoção) para as vazões de 18 e 46 L/min, respectivamente.

Observou-se que mesmo em um dia atípico, cuja quantidade de E.coli foi muito superior aos demais dias, a eficiência de remoção permaneceu acima de 96% para as duas vazões testadas.

O fato de a eficiência ter sido maior quando o sistema operou com menor vazão era esperado e justifica-se pelo maior tempo de contato do efluente com a radiação UV, parâmetro importante que deve ser considerado em projetos de desinfecção UV. A vazão que passa pelo reator UV, e conseqüentemente o tempo de contato, tem implicação direta na dose UV que o esgoto recebe.

Teste com efluente do LA filtrado

Os resultados de qualidade da água do processo de lodos ativados antes e depois da passagem pelo filtro estão apresentados na Tabela 5. Conforme se pode observar, após a passagem pelo filtro de areia/antracito o efluente apresenta altos valores de UV-T (média de 88,9%) e baixa turbidez (média de 0,3NTU). Apesar do efluente do LA apresentar naturalmente características favoráveis à desinfecção com UV pelo seu grau de clarificação (médias de UV-T=78% e Turb.=4,5 NTU), a presença do filtro é importante tanto pela clarificação ainda maior quanto pela maior estabilidade do efluente (menores variações destas variáveis – ver Tabela 5).

Data	Transmitância UV (%)		Turbidez UV (NTU)	
	Afluente - filtro	Efluente - filtro antes da retrolavagem	Afluente - filtro	Efluente - filtro
26/01/2015	86,60%	87,20%	0,60	0,44
27/01/2015	86,70%	98,40%	4,52	0,27
28/01/2015	80,10%	95,00%	5,50	0,26
29/01/2015	75,00%	91,60%	5,98	0,19
30/01/2015	81,60%	88,70%	3,35	0,18
02/02/2015	83,10%	86,80%	2,33	0,28
03/02/2015	71,30%	84,80%	3,98	0,22
04/02/2015	72,20%	83,40%	4,31	0,26
05/02/2015	76,00%	83,90%	6,63	0,37
06/02/2015	79,70%	87,90%	5,06	0,29
09/02/2015	-	-	1,41	0,22
10/02/2015	-	-	5,61	0,22
11/02/2015	-	-	4,59	0,21
12/02/2015	-	-	9,76	0,33
13/02/2015	-	-	5,17	0,29
19/02/2015	-	-	5,29	0,23
20/02/2015	-	-	3,95	0,21
23/02/2015	-	-	4,50	0,43
24/02/2015	-	-	3,65	0,22
25/02/2015	-	-	3,31	0,31
26/02/2015	-	-	3,06	0,58
Média	78,41%	88,94%	4,60	0,28

Tabela 5: Valores de transmitância UV e turbidez do afluente e efluente ao filtro de areia/antracito utilizado no teste para tratar efluente do processo de LA.

Como consequência da alta transmitância do efluente LA filtrado, a eficiência de remoção de E.coli do processo de desinfecção com UV foi também elevada (média de 99,986%, ou 3,9 log de remoção), conforme se pode visualizar na Tabela 6 e Figura 7.

Efluente LA (Q=18 L/min)	E.coli (NMP/100mL)							Média			
	03/02/2015'	05/02/2015'	10/02/2015'	19/02/2015'	20/02/2015'	24/02/2015'	26/02/2015'				
Entrada	101600	7350	12500	14750,5	6067,25	21550	6900				
Saída	5,5	3,1	1	1	1	1	1				
Eficiência	99,995%	99,958%	99,992%	99,993%	99,984%	99,995%	99,986%	99,986%	ou	3,9	log de remoção

Tabela 6: Resultados dos testes de UV para desinfecção do efluente do processo de LA.

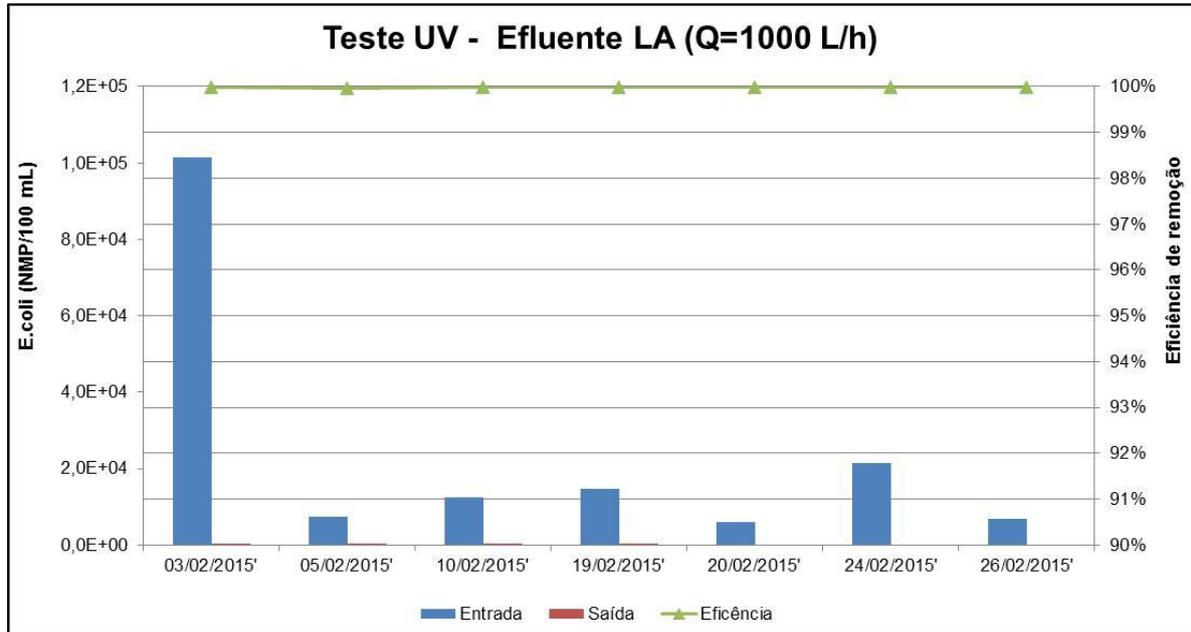


Figura 7: Resultados das análises de E.coli na entrada e saída do sistema de UV para desinfecção do efluente do LA filtrado.

Com base nas informações da Trojan sobre o UV MAX (Tabela 1), para uma água com transmitância de aproximadamente 85% e vazão de 4 L/min a dose UV é de 40 mJ/cm². Como a vazão de cada reator foi de 4,9 L/min, e a transmitância média foi de 88% pode-se afirmar que dose UV foi próxima de 40 mJ/cm².

Estimativa de consumo energético

Considerando as condições do teste piloto, ou seja, transmitância UV do efluente superior a 85%, consumo energético de 66 Watts (três lâmpadas – ver Tabela 1) para tratar a vazão de 875 L/h (ou 14,6 L/min), pode-se estimar o consumo energético da implantação de um sistema de UV na ETE.

Para uma operação do sistema piloto (vazão de 14,6L/min=0,24L/s) de 24h/dia e 30 dias/mês, o consumo energético é de:

$$\text{Consumo} = 66W \times \frac{24h}{dia} \times \frac{30dia}{mês} = \frac{47520W}{mês} = 47,52kWh/mês$$

Extrapolando para a vazão tratada da ETE, de 29,5 L/s (média de 2014):

$$\text{Consumo} = \frac{47,52kWh/mês \times 29,5L/s}{0,24L/s} = 5841 kWh/mês$$

Considerando que em um mês o volume tratado é de:

$$\frac{29,5L}{s} \times \frac{86400s}{dia} \times \frac{30dias}{mês} = 76464000L/mês = 76464m^3/mês$$

Pode-se estimar o consumo energético por m³ tratado:

$$\frac{5841kWh/mês}{76464m^3/mês} = 0,08kWh/m^3$$

CONCLUSÃO

A técnica de desinfecção com UV aplicada nos testes demonstrou elevada eficiência para remoção de E.coli. No teste preliminar, em que foi utilizado efluente do sistema combinado (com transmitância UV de 75%), a eficiência de remoção de E.coli foi de 99,46% (ou 2,3 log de remoção) e 96,86% (ou 1,5 log de remoção) para as vazões de 18 e 46 L/min, respectivamente.

Este ensaio permitiu verificar a diferença da eficiência de remoção de E.coli proporcionada pela variação da vazão e, conseqüentemente, do tempo de detenção e dose UV aplicados.

No teste simulando o processo de lodos ativados e filtração granular que ocorre na ETE, verificou-se uma eficiência de remoção de E.coli ainda maior (média de 99,986%, ou 3,9 log de remoção). Isto foi proporcionado pela característica mais favorável do efluente do processo de lodos ativados filtrado, que possui transmitância UV de 88,9% e turbidez de 0,3NTU.

Neste teste a dose UV aplicada foi de aproximadamente 40 mJ/cm² e o consumo energético do sistema piloto (vazão de 14L/min) foi estimado em 47,5 kWh/mês. Extrapolando estes dados de consumo para a vazão da ETE (29,5 L/s), o consumo energético de um sistema UV seria de aproximadamente 5800 kWh/mês (ou 0,08kWh/m³ tratado).

Contudo, deve-se destacar que um sistema UV em escala real não seria necessariamente no formato de reatores tubulares (como o modelo utilizado nos testes), mas as lâmpadas poderiam ser dispostas em canais. O dimensionamento do sistema, as características hidráulicas e de qualidade do efluente (i.e., transmitância UV) devem impactar tanto na eficiência quanto no consumo energético do sistema de desinfecção UV.

RECOMENDAÇÕES / PRÓXIMOS PASSOS

Embora os testes tenham demonstrado elevada eficiência da tecnologia UV para desinfecção, ainda falta definição de algumas questões para subsidiar a tomada de decisão quanto à adoção da tecnologia na ETE. Para tanto, os próximos passos do trabalho serão:

- Definir o ponto de utilização do reator UV:
 - Verificou-se nos testes que o sistema UV deve ficar após a passagem pelos filtros granulares, principalmente por dois motivos: a) maior transmitância UV do efluente filtrado (em torno de 10%); b) evitar a rápida colmatação (aumento da perda de carga) dos filtros, mantendo a dosagem de cloro (ou outro oxidante) antes dos mesmos;
 - Portanto, basta definir se o ponto de instalação do sistema UV será antes ou depois do reservatório. Será elaborada uma avaliação comparativa destas alternativas, listando vantagens e desvantagens de cada uma delas.
- Testar a aplicação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) como oxidante em substituição ao cloro aplicado antes dos filtros: para avaliar se é possível reduzir a dosagem total de cloro na ETE substituindo a dosagem feita na Caixa de Mistura dos Efluentes (13 na Figura 1), será testada a aplicação de H₂O₂ (juntamente ao coagulante), para avaliar: a) evolução da perda de carga no filtro; b) eficiência de desinfecção do sistema UV em uma situação muito similar ao que ocorre na ETE (mesmas proporções de vazão dos efluentes do LA e UASB+FB);

- Assim, serão realizados novos testes em uma configuração piloto mais parecida com a ETE (Figura 8). Será instalada uma caixa d'água que receberá os efluentes de LA e UASB+FB na mesma proporção que ocorre na ETE (2/3 e 1/3, respectivamente), nesta caixa serão dosados oxidante (H_2O_2 e/ou cloro) e coagulante (PAC e/ou novos polímeros testados) instalada uma bomba após a caixa d'água que fará o efluente passar pelo filtro e em seguida pelo sistema UV. Serão instalados manômetros antes e depois do filtro para avaliar a perda de carga na filtração (além do controle da variação de vazão com rotâmetro já instalado);

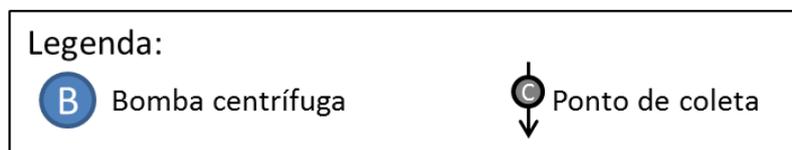
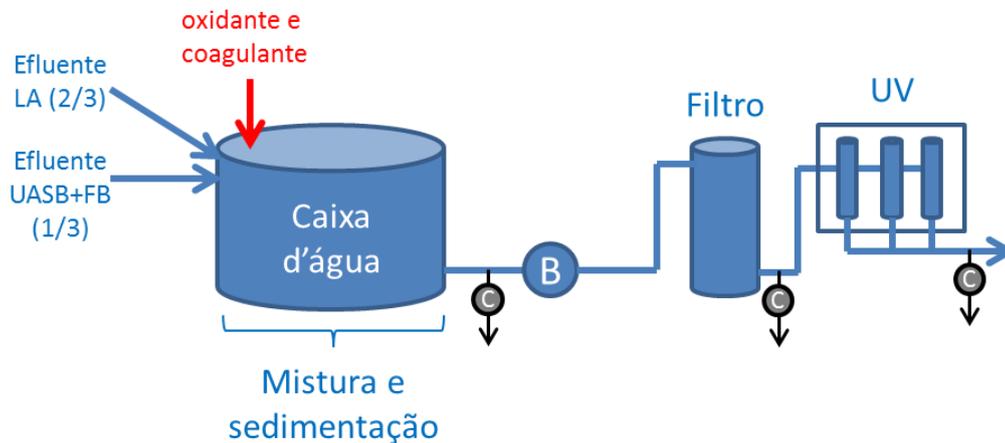


Figura 8: Fluxograma básico do piloto dos novos testes.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem à empresa Trojan-UV, especialmente ao engenheiro José Fragoso, pelo suporte na condução do ensaio piloto, e a toda equipe da SABESP que participou do trabalho: Márcio Luiz Rocha P. Fernandes, Silvia Schneider Souza, José Carlos Nicoletti Garcia e Marcelo Kenji Miki.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BETANCOURT, W.Q., ROSE, J.B. "Drinking water treatment processes for removal of Cryptosporidium and Giardia". Veterinary Parasitology, vol. 126, n. 1-2, p. 219-234, 2004.
- EPA-Victoria. "Guidelines for environmental management – Disinfection of treated wastewater". Victoria, Australia, 2002.
- METCALF & EDDY. "Wastewater engineering: treatment and reuse". McGraw-Hill, 4 ed. 1819p, 2004.
- USEPA. "Ultraviolet disinfection guidance manual for the final long term 2 enhanced surface water treatment rule". Washington, EUA, 2006.