



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO DE RADIAÇÃO UV NA INATIVAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS E *Escherichia coli* NA ETE DO SUCURI – CUIABÁ/MT

Thais dos Santos Borges<sup>1</sup>, Thaisa de Souza Contar<sup>2</sup>

### RESUMO

Essa pesquisa objetivou avaliar um sistema de desinfecção por radiação ultravioleta, em escala real, do efluente da ETE Sucuri, localizada em Cuiabá/MT, avaliando a inativação de Coliformes totais e *Escherichia coli*. O efluente foi previamente tratado em reator anaeróbio (UASB), seguido de reator aeróbio (BAS). O desempenho do sistema foi avaliado de Julho a Novembro de 2008. Os experimentos foram seguidos de análises físico-químicas para avaliar a influência dos parâmetros pH e Sólidos Suspensos Totais (SST) na eficiência dos métodos em questão, além de Fósforo Total, para verificar formação de espuma no reator UASB e após a desinfecção. Os resultados da pesquisa apontaram deficiência no processo de inativação dos coliformes, onde houve eficiência de 1 unidade logarítmica para cada. O pH se manteve na faixa de 7,5 e os SST obteve eficiência de 52% de remoção, sendo um dos fatores que resultou na baixa eficiência da desinfecção. Já para o Fósforo Total, verificou-se que não houve nenhuma remoção do mesmo. Embora seja reportado o efeito limitante da baixa qualidade do esgoto no desempenho da radiação UV, na prática, mesmo sob condições desfavoráveis de SST, os resultados obtidos comprovaram a viabilidade da utilização do método em sistemas reais de tratamento.

**Palavras-chave:** desinfecção por UV; reator UASB; esgoto doméstico.

### EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF UV FOR MICROBIAL INACTIVATION (TOTAL COLIFORMS AND *ESCHERICHIA COLI*) IN A WASTEWATER TREATMENT PLANT (SUCURI) IN CUIABÁ/MT

### ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate a UV disinfection system process, in real scale, in Sucuri WWTP, Cuiabá/MT/Brazil, for total coliforms and *Escherichia coli*. The effluent came from anaerobium treatment (UASB), followed by aerobium treatment (ASBF). The system's performance was evaluated from July to November, 2008. The experiments followed physical-chemical analysis to evaluate the influence of pH and Total Suspended Solids (TSS) parameters in the UV efficiency, beyond total phosphorous, to verify the foam formation observed in UASB reactor and after disinfection. The results for this research suggested deficiencies in inactivation process for coliforms: it was one logarithm unit of removal for each. The pH parameter was in the average of 7.5. About TSS, the system presented 52% of removal efficiency, which is one of the factors that causes the system deficiencies. About the variable total phosphorous, it was observed that there was none removal of the parameter. Although it's been reported that the limitant effect of the low quality of the sewage in the UV's performance, in practice, even under unfavorable TSS conditions, the results showed the viability about using this method in real treatment systems.

**Keywords:** UV disinfection; UASB reactor; domestic effluent.

Trabalho recebido em 06/08/2009 e aceito para publicação em 21/12/2009.

<sup>1</sup> Engenheira Sanitarista (UFMT). Endereço: Rua 3, nº 750. Bairro Boa Esperança. CEP 78068-375. Cuiabá/MT. e-mail: tha.s.b@ibest.com.br

<sup>2</sup> Engenheira Sanitarista (UFMT). Mestranda em Recursos Hídricos (UFMT). Endereço: Avenida Alziro Zarur, s/n, Bloco F.sala 176 Coxipó. CEP 78060-900. Cuiabá-MT. e-mail: thaisacontar@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

O serviço de coleta de esgoto vem se expandindo no Brasil desde 1997, mas 26,4% dos domicílios ainda não têm acesso a rede coletora ou fossa séptica, segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), realizada pelo IBGE (2007). Isso significa que cerca de um em cada quatro domicílios utilizam formas irregulares de esgotamento ou deixam os dejetos a céu aberto. A falta de saneamento expõe a população a doenças como cólera, amebíase e diarreia. Em junho de 2007, a Organização Mundial da Saúde (OMS) revelou que a falta de água tratada e de redes de esgoto tiram a vida de 15 mil brasileiros por ano. Ainda de acordo com o IBGE (2007), tem-se que os outros 73,6% dos domicílios brasileiros que recebem serviço de esgoto utilizam rede coletora (51,3%) ou fossa séptica (22,3%).

Dentre as cinco regiões do Brasil, o Centro-Oeste tem o pior cenário em relação ao esgotamento: quase 53% das residências não têm qualquer tipo de saneamento regular. Mato Grosso lidera a lista do país, com 73,9% de casas sem o serviço, de acordo com o IBGE (2007). Apesar de todas as regiões terem apresentado evolução no saneamento básico, uma pesquisa realizada pelo IBGE em 2000 mostrou que apenas 35% de todo o esgoto que é coletado no Brasil recebe algum tipo de tratamento.

No entanto, é sabido que a maioria dos processos biológicos utilizados no tratamento de esgotos não apresenta uma eficiência de inativação de patógenos que possibilite o enquadramento dos corpos receptores, após o recebimento dos esgotos tratados, aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental. Dessa forma, a desinfecção apresenta-se como alternativa para o pós-tratamento desses efluentes, podendo alcançar elevadas eficiências na inativação de microorganismos patogênicos, reduzindo ou até eliminando danos à saúde pública. Uma das alternativas para a desinfecção de esgotos é a radiação ultravioleta (UV), que apresenta como maiores vantagens a simplicidade operacional, a ausência de geração de subprodutos, e os requerimentos mínimos de área (ALVES, 2003).

Os estudos realizados em sistemas constituídos de reator UASB e Biofiltro Aerado Submerso (BAS) têm mostrado que apenas esses dois reatores não são capazes de alcançar padrões de lançamento de coliformes totais e fecais evidenciando a necessidade de tratamento de desinfecção. A literatura mostra que efluentes de UASB e BAS tem concentrações de coliformes fecais da ordem de  $10^6$  e  $10^5$  NMP/100 mL. (VON SPERLING & CHERNICHARO, 2000; GONÇALVES, 2000; SANT'ANA *et al*, 2003 *apud* SILVA, 2007).

Neste contexto, este trabalho objetivou avaliar a eficiência da radiação UV na inativação de microrganismos indicadores após tratamento por um reator UASB seguido de BAS na ETE do Sucuri, Cuiabá/MT. Para concluir o objetivo proposto, foram seguidos os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a eficiência da lâmpada UV na inativação de *Escherichia Coli* (*E. Coli*) e Coliformes Totais;
- Avaliar a remoção de sólidos em suspensão;
- Avaliar a influência da qualidade do efluente, através de parâmetros físico-químicos, como pH e fósforo, na eficiência do sistema de desinfecção; e
- Propor melhorias, caso necessário.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A pesquisa foi conduzida nas instalações de desinfecção por UV da ETE Sucuri na cidade de Cuiabá/MT. A ETE possui área de 1.675,55m<sup>2</sup> e pertence a sub-bacia do Córrego Ribeirão do Lipa. Suas coordenadas são 15° 33'28''S e 56° 08'01''O.

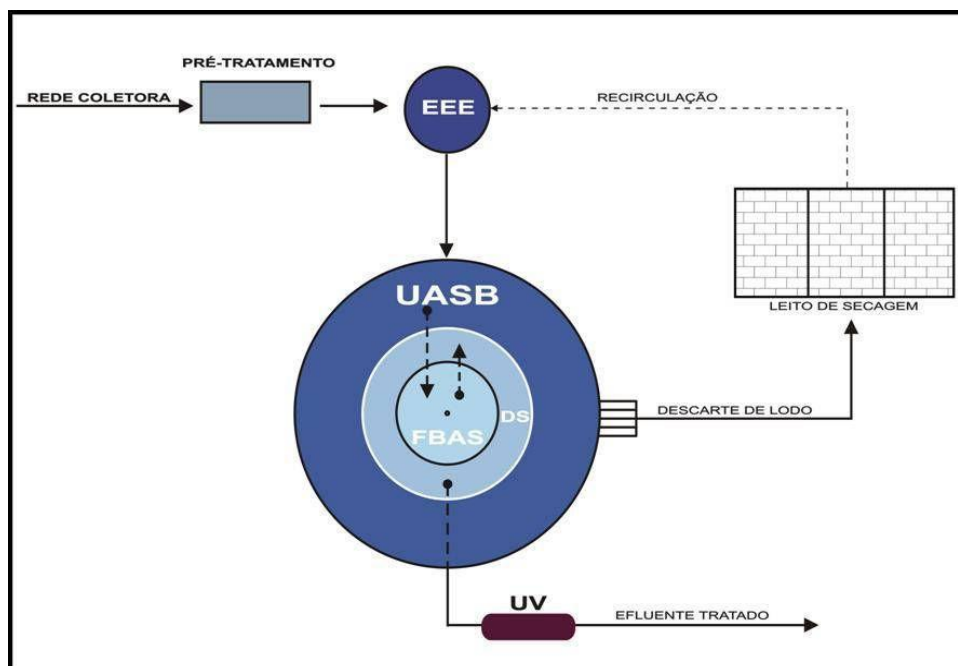
A estação se encontra instalada próxima ao Residencial Sucuri, na estrada Cuiabá/Sucuri/Guia, cujas coordenadas são

15°33'31.53"S e 56° 8'10.19"O, e trata o esgoto gerado por este residencial.

### 2.2 Descrição da ETE

A ETE foi inaugurada em Outubro de 2005. Sua implantação surgiu para garantir o atendimento de 263 unidades habitacionais do Programa de Arrendamento Residencial (PAR) com convênio entre a Prefeitura de Cuiabá e a Caixa Econômica Federal. O objetivo da construção da ETE Sucuri se originou devido ao elevado custo de implantação de um sistema de recalque até a estação de tratamento mais próxima. De acordo com a Companhia de Saneamento da Capital (SANECAP), a ETE foi projetada com volume de 60m<sup>3</sup> e capacidade para atender 1000 habitantes, possuindo uma vazão nominal de 2 L/s e vazão máxima de 3,6 L/s.

Em escala real, a ETE Sucuri é composta por: tratamento preliminar (grade fina e caixa de areia), elevatória de esgoto, Reator UASB, Biofiltro Aerado Submerso, Decantador Secundário e unidade de desinfecção por UV. A Figura 01 mostra a planta da unidade de desinfecção utilizada no estudo.



**Figura 01** - Esquema de funcionamento das ETE's fornecidas pela Sanevix

**Fonte:** Sanevix (2005).

No topo da ETE existe um compartimento suporte de pré-tratamento com caixa de areia circular e gradeamento fino por cesto de inox. O tratamento anaeróbio é realizado no reator UASB, o qual promove a remoção de matéria orgânica, sendo que o lodo é descartado uma vez ao mês e disposto em leitos de secagem. Já o tratamento aeróbio é realizado no BAS, onde a retirada da matéria orgânica ainda ocorre. O lodo em excesso produzido nos biofiltros é removido rotineiramente através de lavagens contracorrentes ao sentido do fluxo, sendo enviado para a elevatória de esgoto bruto na entrada da ETE, que o encaminhará por recalque ao reator UASB para digestão e adensamento pela via

anaeróbia. O decantador secundário remove teores muito baixos de DBO, DQO, sólidos em suspensão e nutrientes, então faz-se necessário o polimento do efluente tratado.

No final do processo há o pós-tratamento, o qual é realizado através do equipamento de UV composto por cinco lâmpadas; reatores eletrônicos correspondentes de 75 W e 220 Volts; e câmaras de contato da luz com a água. As lâmpadas devem ser trocadas a cada 7500 horas ou repostas a cada 12 a 24 meses, dependendo do uso e aplicação, e a limpeza deve ser feita a cada 1 a 3 meses, dependendo do caso, para retirar deposições, devendo ser feita com um pano de algodão limpo embebido em álcool ou

detergente. A radiação UV apresenta um comprimento de onda específico de 254 nanômetros e o tempo de contato da radiação ultravioleta com o efluente, segundo o fabricante, é de aproximadamente 5 segundos.

### 2.3 Amostragem e parâmetros analisados

Foram analisadas amostras de três pontos da ETE. Apesar de o objetivo do trabalho ser a eficiência da radiação ultravioleta na remoção de patógenos, foram realizadas análises do efluente bruto da ETE Sucuri, a fim de explicar o valor de algumas variáveis ao chegar à radiação UV. O primeiro ponto (P1) de amostragem foi no vertedor (entrada da ETE), o segundo, P2, foi após passagem pelo Reator UASB e o terceiro, P3, após o tratamento da radiação UV (saída). Foram realizadas coletas semanais, no período de Julho a Novembro de 2008. Os parâmetros

analisados foram: pH, Sólidos Suspensos Totais, Fósforo Total, Coliformes Totais e *E. coli*. Os métodos analíticos utilizados para a realização das análises do efluente desta pesquisa seguem os seguintes procedimentos, padronizados pela APHA (1999):

1. Sólidos Suspensos Totais (SST) – Método gravimétrico
2. pH – Titulação potenciométrica
3. Fósforo – Método espectrofotométrico (Absorbância– 880 nm)
4. *E. coli* – Colilert
5. Coliformes totais – Colilert

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 01 apresenta os valores médios do desempenho da Radiação Ultravioleta na inativação dos coliformes:

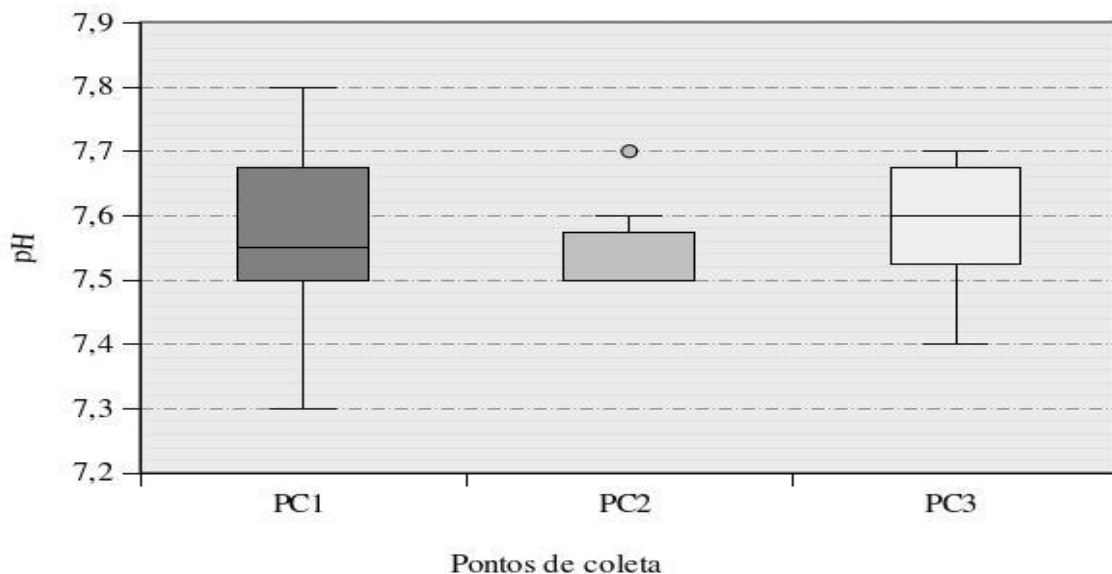
**Tabela 01** – Valores médios da concentração de coliformes antes e depois de passar pelo UV

Ponto	PC2	PC3
Coliformes Totais (NMP/100mL)	$6.10^7$	$1.10^6$
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	$1.10^7$	$2.10^6$

#### 3.1 pH

O pH não sofreu variações bruscas em nenhuma coleta realizada, mantendo-se na faixa de 7,3 a 7,8 em P1; 7,5 a 7,7 em P2 e 7,4 a 7,7 em P3, conforme gráfico

ilustrado na Figura 02. Os valores de pH se enquadram nos padrões de literatura, entre 6,0 e 9,0 (VON SPERLING, 1996).

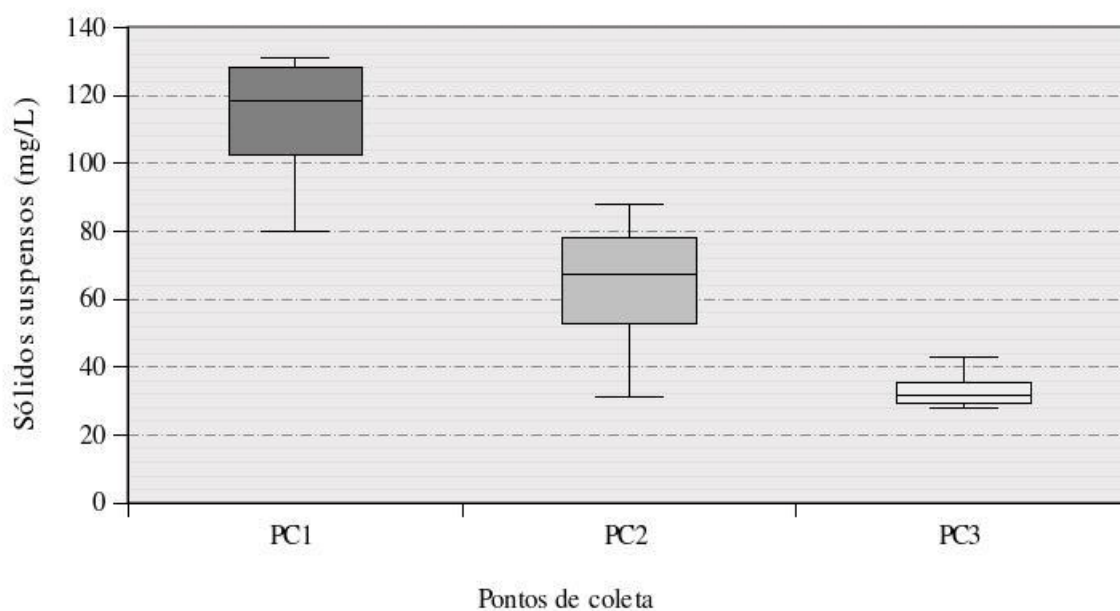


**Figura 02** – Faixa de variação do pH para cada ponto de monitoramento

### 3.2 Sólidos suspensos

O sistema obteve baixa eficiência na remoção de sólidos suspensos que foi em torno de 42%, em média. Jordão e Pessoa (2005) afirmam que para que a radiação ultravioleta atinja os microrganismos, a concentração de sólidos

em suspensão totais (SST) deve ser, preferencialmente, menor que 10 mg/L. O valor de SST, tanto antes quanto após a célula de UV, é considerado alto, variando de 88 a 31 mg/L em P2 e de 43 a 28 mg/L em P3, conforme gráfico na Figura 03.

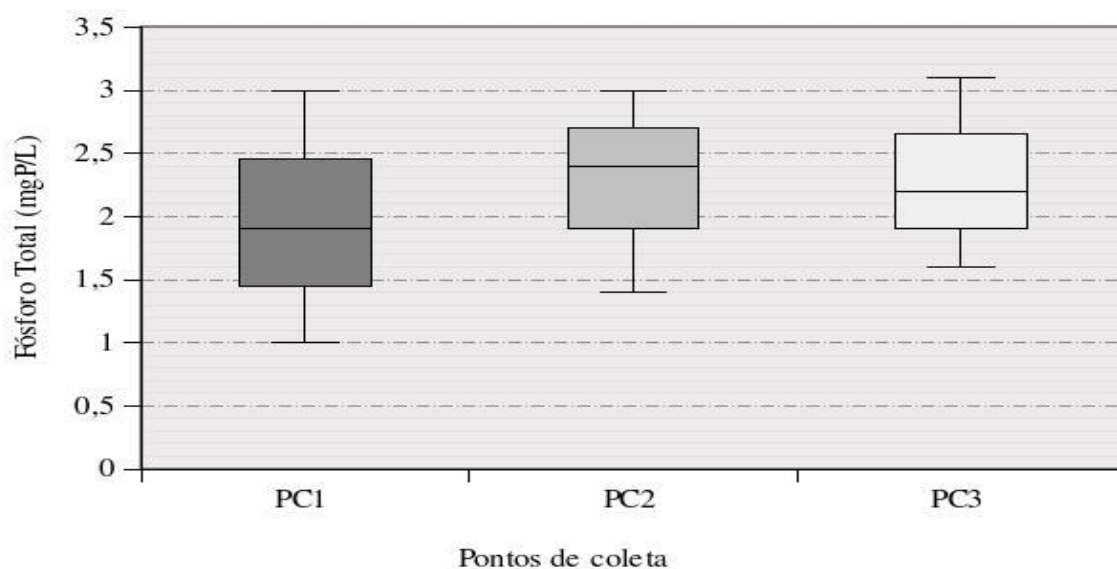


**Figura 03** - Faixa de variação de Sólidos Suspensos para cada ponto de monitoramento

### 3.3 Fósforo

Durante todas as coletas verificou-se a formação de espuma nos pontos P2 e P3, ou seja, no reator UASB e após o UV, respectivamente. De acordo com Tchobanoglous (1991), *apud* Pereira-Ramirez *et al* (2004), os reatores UASB são utilizados com velocidades de até  $1\text{m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ . Em seu trabalho, os autores comentaram que no experimento realizado em um reator UASB em escala piloto, foi observado que, com valores superiores a  $0,35\text{m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$  acontecia arraste de sólidos, a biomassa diminuía a presença de grânulos, e isso tornava a massa mais floculenta, o que iniciava a formação de espumas, prejudicando o desempenho do reator. Não foi calculada a velocidade do

reator em estudo por não haver dados com relação à sua área. Não houve nenhuma remoção de fósforo por nenhuma das células de tratamento da ETE Sucuri. O reator UASB não apresenta eficácia na remoção de fósforo, necessitando de um tratamento específico para o mesmo. A formação de espuma pode ter ocorrido devido a presença de detergentes, substância esta rica em fósforo. Tem-se essa conclusão de acordo com pesquisa realizada por Pereira-Ramirez *et al* (2004), os autores afirmam que a espuma formada nos reatores UASB é rica em nutrientes. O efluente final possui concentração média de fósforo total de 2,3 mg/L. A Figura 04 ilustra a variação do fósforo ao longo do sistema de tratamento.



**Figura 04** – Faixa de variação de Fósforo Total para cada ponto de monitoramento

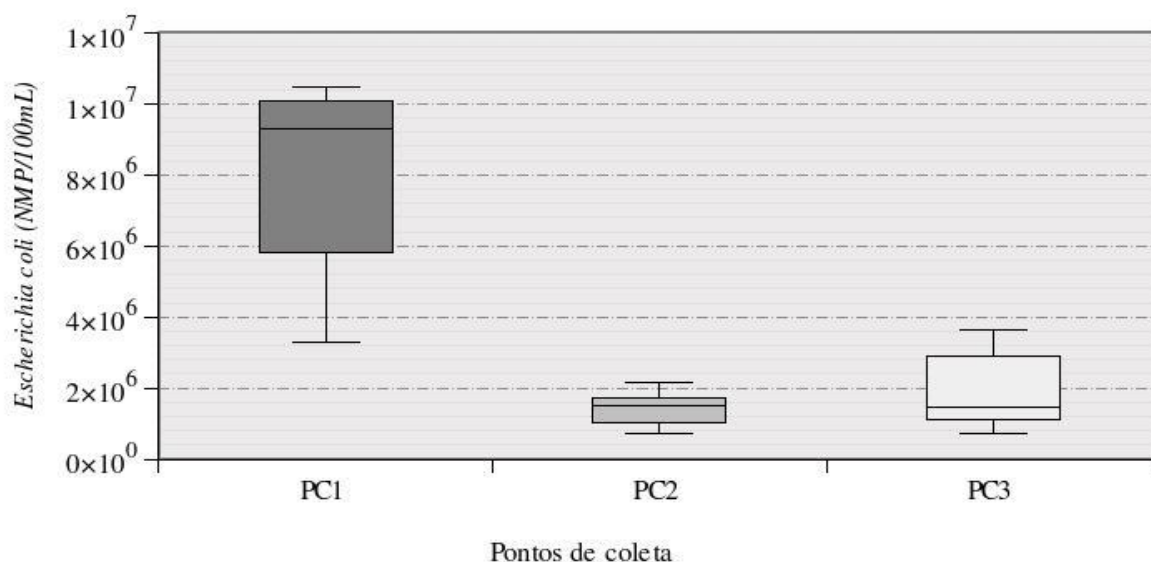
### 3.4 *Escherichia coli*

A literatura mostra que efluentes de UASB e BAS tem concentrações de *E. coli* da ordem de  $10^5$  a  $10^6$  NMP/100 mL (VON

SPERLING & CHERNICHARO, 2000; GONÇALVES, 2000; SANT'ANA *et al*, 2003 *apud* SILVA, 2007). Em todas as situações, as concentrações previstas pela

literatura foram superadas em virtude provavelmente da baixa eficiência de inativação das bactérias por meio da radiação UV. O efluente final possui concentração de  $10^6$  para a variável. A Figura 05 apresenta as variações para *E. coli*. Em três das seis coletas a radiação UV obteve eficiência negativa na remoção de *E. coli*. A diferença entre os dois casos deixa claro que o sistema necessita de

manutenção: a eficiência de remoção, quando positiva, apresenta porcentagens de até 43,68%; quando negativa, chega a 54,20%. Para a *E. coli*, os resultados não apresentaram sua inativação: a concentração que entra antes da célula de desinfecção é praticamente igual à que sai após a desinfecção ficando em torno de  $10^6$  NMP/100mL.



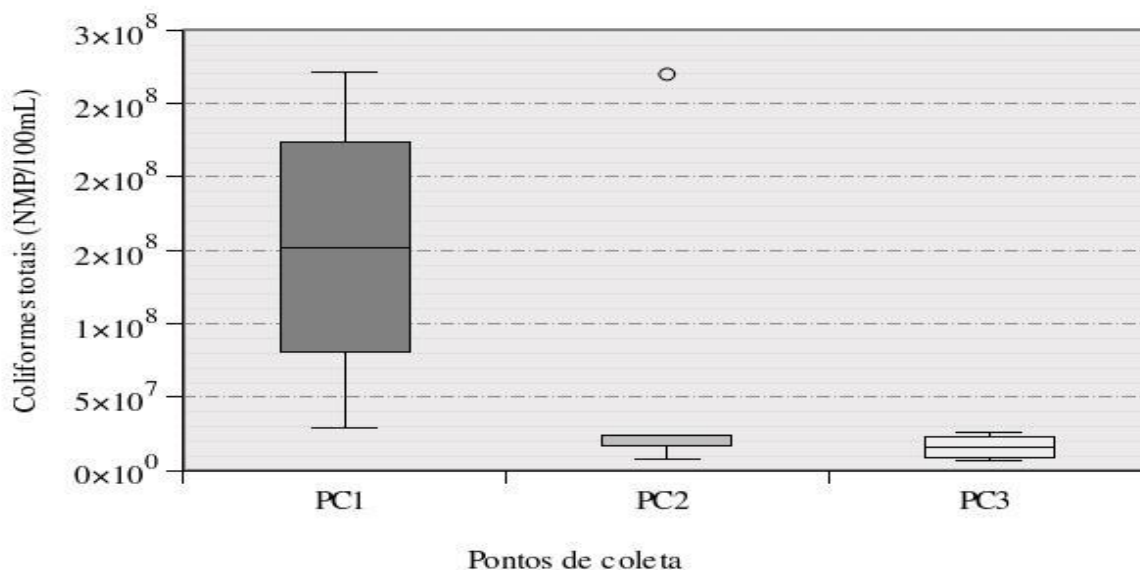
**Figura 05** – Faixa de variação de *E. coli* para cada ponto de monitoramento

### 3.5 Coliformes Totais

Com relação aos coliformes totais, o sistema de radiação não obteve eficiência significativa. O efluente chega ao sistema com concentração em torno de  $10^8$

NMP/100mL, deixando a célula de desinfecção com concentração de  $10^7$  NMP/100mL, ou seja, com a inativação de apenas 1 unidade logarítmica, como apresenta a Figura 06.





**Figura 06** – Faixa de variação de Coliformes Totais para cada ponto de monitoramento

### 3.6 Eficiência de remoção de bactérias do tipo coliforme

A análise dos dados e das figuras revela que as espécies susceptíveis à desinfecção (*E. coli* e coliformes totais) sofreram pouca influência do método de inativação aplicado, alcançando-se, 1 unidade logarítmica de redução para coliformes totais, e nenhuma unidade logarítmica de remoção para *E. coli*, havendo aumento de 527.566,67 NMP/100mL após passar pelo sistema de radiação UV.

A eficiência da radiação UV, todavia, ante as mesmas condições, esteve mais particularmente vinculada à concentração de sólidos (SST) no efluente, uma vez que a presença de partículas em suspensão afeta substancialmente a

intensidade média de radiação efetiva incidente no microrganismo: a concentração de SST que deveria ser menor que 10 mg/L (TCHOBANOGLIOUS *et al*, 1991).

se encontra na faixa de 33,5 mg/L. Tal concentração associada ao fato de as lâmpadas se encontrarem em estado precário (vencidas e sujas), explica a baixa eficiência de remoção de coliformes totais e a negativa eficiência de remoção de *E. coli*.

Além disso, a própria flutuação na qualidade do efluente pode representar fator interferente para o desempenho da técnica, não obstante seja de grande valia para este estudo, uma vez que esta proposta se baseia na simulação de um sistema real de desinfecção.

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho buscou avaliar a eficiência do sistema de ultravioleta da ETE Sucuri na remoção de Coliformes Totais e *E. coli*, onde também foram analisados fatores que poderiam interferir na eficiência do UV como pH e SST. Durante o experimento verificou-se a necessidade de se analisar também o fósforo devido à formação de espuma nos pontos P2 e P3.

O pH se manteve em média com o valor de 7,5; ficando dentro da faixa recomendada pela legislação que é de 5,0 a 9,0, o que não afetaria a solubilidade de sais e carbonatos e conseqüentemente não influenciaria na eficiência da radiação UV.

O fósforo não sofreu nenhum tipo de remoção, o que explica a formação de espuma nos pontos em que há uma maior queda de água, e isso se deve ao Reator UASB, o qual não apresenta boa eficiência na remoção de fósforo, devendo o efluente passar por um pós-tratamento para remoção do mesmo. No entanto, é sabido que sua presença não influencia no funcionamento adequado da radiação UV.

Sabe-se que a utilização do Reator UASB aliado a técnica de desinfecção por UV tem sido bem recomendado devido às várias vantagens que o sistema oferece como redução de espaço físico, ausência de substâncias residuais resultantes de processos químicos, além de ótimos

resultados na inativação de organismos patogênicos. No entanto, diante dos resultados apresentados, verificou-se que o sistema de desinfecção por UV da ETE Sucuri apresentou-se ineficiente quanto à inativação de Coliformes Totais e *E. coli*, o que pode ter ocorrido devido a problemas na manutenção do equipamento que necessita que suas lâmpadas sejam trocadas e lavadas periodicamente e também à presença de sólidos em suspensão acima do limite recomendado, uma vez que este pode impedir que a radiação UV atinja as bactérias de forma adequada.

Assim, conclui-se que o sistema de desinfecção da ETE Sucuri não atingiu as eficiências de remoção esperadas pelo sistema, necessitando a ETE passar por manutenção e fazendo-se necessário realizar novas análises posteriormente. Neste contexto, pode-se considerar ainda a multiplicidade de estudos complementares com vistas à otimização dos sistemas de contato existentes e à criação de mecanismos alternativos para alcançar desempenho superior com redução do custo operacional.

É importante ressaltar a ótica ambiental, sob a qual a emissão de radiação UV em unidades de desinfecção tem sido amplamente difundida por seu efeito nocivo se restringir ao microrganismo presente no efluente a ser

tratado, diferente de técnicas como a desinfecção por ozônio, a qual pode levar à formação de subprodutos em reações de oxirredução.

## 5. REFERÊNCIAS

ALVES, C.V.P. **Ampliação de escala e avaliação de um fotorreator simplificado de radiação ultravioleta na**

**desinfecção de esgotos tratados.**

Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia. UFMG. 2003.

APHA, AWWA; WPCF. **Standard methods for examination of water and wastewater.** 20th ed., American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington DC, USA. 1999.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Volume 5 – Reatores Anaeróbios, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG. 3ª Ed. Belo Horizonte/MG. 246p. 2004.

Fabricante – Empresa SNATURAL. **Desinfecção UV.** Disponível em <http://www.snatural.com.br/> Acesso em 22/11/2008.

GONÇALVES, R.F. ; PASSAMANI, F. R. F. ; SALIM, F. P. ; SILVA, A. L. B. ; MARTINELLI,

G.; BAUER, D. G.. Associação de um reator UASB e Biofiltros aerados submersos para tratamento de esgoto sanitário. In: **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios.** Coletânea de Trabalhos Técnicos-Volume 1.Vitória: PROSAB. 2000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** 2000. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em 22/11/2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios.** 2007. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em 22/11/2008.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA. C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 4ed. Rio de Janeiro, 2005.

PEREIRA-RAMIREZ, O. **Pós-Tratamento de um Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente.** 2004

SANEVIX ENGENHARIA LTDA. **Manual de operação de ETEs do tipo UASB.** Cuiabá – MT. 2003.

- SANT`ANA, T. D. C.; OLIVEIRA, F. F.; RUBIM, K. T.; ZANDONADE, E.; KELLER, R.; GONÇALVES, R. F. Desempenho de um reator UV simplificado com lâmpadas emersas na desinfecção de efluente de ETES pequenas. In: **Anais**. Seminário Estadual Sobre Saneamento e Meio Ambiente, Joinville, 2003.
- SILVA, S. S. **Aplicação de radiação UV para desinfecção de efluente tratado na associação de reator UASB e Biofiltro Aerado Submerso**. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento. São Carlos/SP. 2007.
- TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F; STENSEL R. E. V. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**, Metcalf & Eddy, Inc., 3a Ed., McGraw-Hill, New York, 1991.
- VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volume 4 – Lodos Ativados**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 3ª Ed. Belo Horizonte/MG. 2005.
- VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. A comparison between wastewater treatment processes in terms of compliance with effluent quality standards. In: **Anais eletrônicos, XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, AIDIS**. Porto Alegre, 2000.