

II-450 - ANÁLISE DE ETE's QUE OPERAM COM REATORES UASB NOS MUNICÍPIOS DE FORTALEZA E MARACANAÚ, COM RELAÇÃO AO ATENDIMENTO DE DESCARTE EM CORPOS D'ÁGUA

Camylla Rachelle Aguiar Araújo Dantas

Engenheira Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Mestranda em Energias Renováveis pelo IFCE.

Ana Gláucia Magalhães Silveira

Mestre em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Jéssyca de Freitas Lima

Doutoranda em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Marcos Erick Rodrigues da Silva⁽¹⁾

Doutor em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor do IFCE – Campus Fortaleza.

André Bezerra dos Santos

Doutor em Saneamento Ambiental pela Wageningen University - Holanda. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC.

Endereço⁽¹⁾: Campus do Pici, Bloco 713, Pici – Fortaleza – CE - CEP: 60455-900 - Brasil - e-mail: marcoserick16@gmail.com

RESUMO

O impacto do lançamento de efluentes de estações de tratamento de esgotos em corpos d'água é motivo de grande preocupação e uma série de legislações ambientais, critérios, políticas e revisões procuram influir tanto na seleção dos locais de descarga quanto no nível de tratamento exigido para garantir que os impactos ambientais provocados pela disposição destes efluentes tratados sejam aceitáveis. Este trabalho objetivou avaliar a qualidade do efluente final de quatro ETE's que operam com reatores anaeróbios do tipo UASB, sem e com pós-tratamento, com vista às normas vigentes para lançamento de efluentes tratados nos corpos receptores do estado do Ceará. Das ETEs estudadas, duas apresentam apenas um reator UASB seguido de cloração e as outras duas são compostas por reator UASB seguido de filtro submerso aerado. Os resultados apresentados referem-se ao monitoramento durante os anos de 2013 a 2016. Dentre os resultados, destaca-se que a ETE TCM (UASB + FSA) apresentou os maiores percentuais de atendimento aos padrões da SEMACE. O desempenho da ETE Pajuçara (UASB + FSA) não foi o esperado para o tipo de sistema, e tal comportamento pode ser devido a falha no projeto, sobrecarga orgânica, sobrecarga hidráulica, ou mesmo em virtude de falhas operacionais. Finalmente, observou-se baixíssimos níveis de atendimento das ETEs compostas apenas por reator UASB, ratificando a real necessidade de uma etapa de pós-tratamento para que atendam aos padrões de lançamento nos corpos receptores.

PALAVRAS-CHAVE: Reatores UASB, esgoto doméstico, pós-tratamento, tratamento de esgotos.

INTRODUÇÃO

O impacto do lançamento de efluentes originados de estações de tratamento de esgotos em corpos d'água é motivo de grande preocupação para a maioria dos países. Uma série de legislações ambientais, critérios, políticas e revisões procuram influir tanto na seleção dos locais de descarga quanto no nível de tratamento exigido para garantir que os impactos ambientais provocados pela disposição destes efluentes tratados sejam aceitáveis (OLIVEIRA e von SPERLING, 2005).

No âmbito federal, a Resolução CONAMA n° 430/11 define os padrões para lançamento de efluentes e a Resolução COEMA n° 02/17 trata da disposição de efluentes no estado do Ceará, revogando a Portaria SEMACE n° 154/02 que vigorava à época que os dados foram gerados. A nova legislação estadual trouxe o parâmetro DBO como padrão de lançamento, como já fazia a legislação federal, substituindo a DQO, utilizada na Portaria SEMACE n° 154/02 para reatores anaeróbios. Já o limite de sólidos suspensos totais tornou-se mais

flexível na Resolução COEMA nº02/17. Além deste, os coliformes termotolerantes não são contemplados na legislação federal e permaneceu inalterado na Resolução estadual.

Em relação ao tratamento de esgotos domésticos, tem-se verificado um enorme incremento na utilização da tecnologia anaeróbia, notadamente através dos reatores tipo UASB. Isto é devido as características favoráveis da tecnologia anaeróbia, como: baixa produção de sólidos, baixo consumo de energia, baixos custos de implantação e operação, tolerância a elevadas cargas orgânicas, baixo tempo de detenção hidráulica. O uso dessa tecnologia no Brasil é ainda favorecido pelas condições climáticas. Como desvantagens, devem ser consideradas: remoção insatisfatória de patógenos e nutrientes, demanda química de oxigênio (DQO) no efluente ser ainda elevada para atender os limites preconizados na legislação ambiental (CHERNICHARO, 2007).

Por limitação da tecnologia, os reatores anaeróbios dificilmente produzem efluentes que atendem aos padrões estabelecidos pela legislação. Dessa forma, é de extrema importância o pós-tratamento dos efluentes dos reatores anaeróbios para a adequação do efluente tratado nos requisitos da legislação ambiental. O principal papel do pós-tratamento é o de completar a remoção da matéria orgânica e proporcionar a remoção de nutrientes e patógenos que são pouco afetados pelo tratamento anaeróbio.

Assim, este trabalho objetiva avaliar a qualidade do efluente final de ETE's que operam com reatores anaeróbios do tipo UASB, sem e com pós-tratamento, com vista às normas vigentes para lançamento de efluentes tratados nos corpos receptores do estado do Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização: As ETEs analisadas neste trabalho estão localizadas nos municípios de Fortaleza e Maracanaú no estado do Ceará, como mostrado na Figura 1, sendo de responsabilidade da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE.

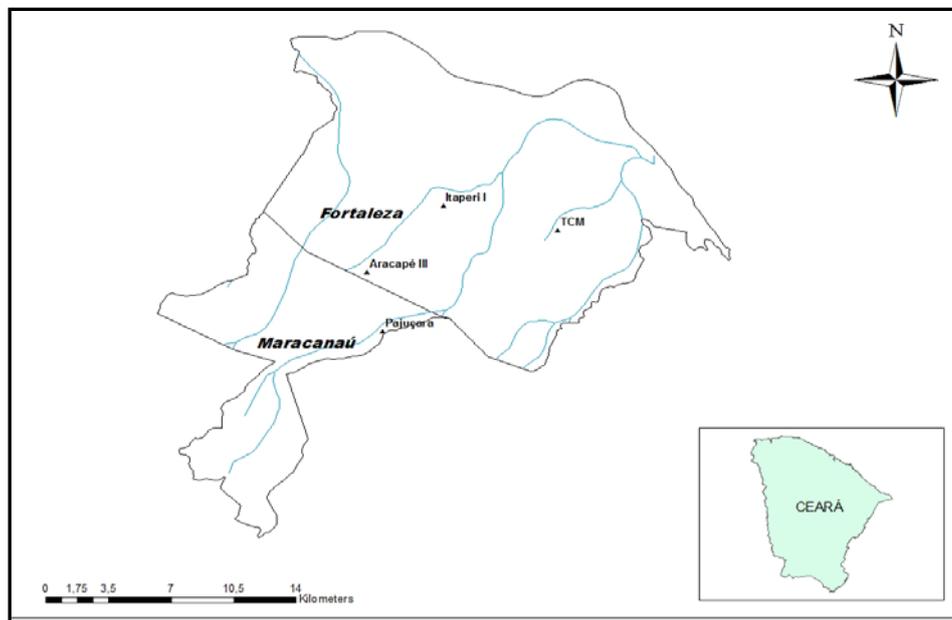


Figura 1: Mapa de localização das ETE nos municípios de Maracanaú e Fortaleza.

Coleta de Dados: Foram obtidos, junto a CAGECE, dados de monitoramento de 4 estações de tratamento de esgotos em operação contendo reatores anaeróbios do tipo UASB na sua configuração. Na **Tabela 1** estão apresentadas as configurações das quatro Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) avaliadas nesse trabalho. Os dados de monitoramento referem-se aos anos de 2013 a 2016.

Tabela 1: Descrição dos reatores de manta de lodo analisados e suas respectivas configurações.

| IDENTIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO |
|---------------|---|
| Aracapé III | UASB |
| Itaperi I | UASB |
| Pajuçara | UASB + FILTRO SUBMERSO AERADO + DECANTADOR LAMELAR |
| TCM | UASB + FILTRO SUBMERSO AERADO + DECANTADOR LAMELAR |

Análise dos Dados: Dentre os constituintes presentes nos efluentes dos sistemas em estudo, serão discutidos os parâmetros pH, DQO (Demanda Química de Oxigênio), SST (Sólidos Suspensos Totais) e *Escherichia coli*, em especial, pela relevância desses parâmetros no controle operacional e conseqüentemente, a maior frequência de análise desses parâmetros pela CAGECE, o que favorece a consistência da análise descritiva dados.

Os dados de monitoramento foram analisados por meio de estudos estatísticos preliminares, visando à caracterização das ETEs estudadas, e ainda a fim de compará-los aos valores comumente encontrados na literatura.

Eliminação das inconsistências e outliers: Como etapa preliminar da análise dos dados, foram removidos os valores extremos ou não usuais, mais conhecidos como *outliers*. Para isso, foi utilizado um teste que determina limites inferior e superior, a partir dos quais o valor é considerado *outlier* (OLIVEIRA, 2006). Esses limites são calculados utilizando o primeiro (Q₁) e o terceiro quartil (Q₃) da série de dados.

Foram calculados limites para cada parâmetro analisado, afluente e efluente de cada ETE da seguinte forma:

- Limite inferior = $Q_1 - 1,5 \cdot (Q_3 - Q_1)$
- Limite superior = $Q_3 + 1,5 \cdot (Q_3 - Q_1)$

Caso o valor observado fique abaixo do limite inferior ou acima do limite superior, ele é considerado um *outlier* e, desse modo, será eliminado do conjunto de dados a ser analisado.

Padrão de lançamento: A qualidade final do efluente das ETEs foi avaliada quanto ao atendimento aos padrões estabelecidos pela SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente – Ceará), contidos na portaria No 154, de 22 de Julho de 2002, que dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Essa portaria estava em vigor na época que esses dados foram gerados. Entretanto essa Portaria foi revogada em fevereiro de 2017 pela Resolução COEMA N°02/17.

Na Tabela 2, para efeito de comparação, estão descritos os parâmetros e limites estabelecidos na Portaria SEMACE N° 154/02 e Resolução COEMA N°02/17.

Tabela 2 - Padrão de Lançamento de Esgoto da Legislação Estadual.

| PARÂMETRO | UNIDADE | Portaria SEMACE N° 154/02 | Resolução COEMA N° 02/17 |
|----------------|-----------|------------------------------|-----------------------------|
| pH | - | 5,0 – 9,0 | 5,0 – 9,0 |
| DQO | mg/L | 200,0 | Não Especificado |
| SST | mg/L | 50,0 | 100,0 |
| <i>E. coli</i> | NMP/100mL | 5000 | 5000 |

Com a nova legislação, o padrão de sólidos suspensos totais tornou-se mais flexível e o parâmetro DQO foi substituído pela DBO (120mg/L).

RESULTADOS

Na Tabela 3 são mostrados os resultados estatísticos referentes às medidas de tendência central (média e mediana,) e medidas de dispersão ou variação (valor máximo, mínimo e desvio padrão) referentes às ETE's avaliadas.

Tabela 3 - Estatística descritiva dos dados efluentes das ETEs em estudo.

| ETE | Variável Estatística | pH | DQO (mg/L) | SST (mg/L) | <i>E. coli</i> (NMP/100mL) |
|-------------|----------------------|-------------|---------------|---------------|----------------------------|
| Aracapé III | Média | 7,19 | 284,90 | 146,52 | 4.77E+00 |
| | Desvio Padrão | 0,13 | 59,51 | 38,86 | 7.94E+01 |
| | Mediana | 7,22 | 272,3 | 135 | 1.00E+00 |
| | Mínimo | 6,63 | 95,2 | 72 | 1.00E+00 |
| | Máximo | 7,61 | 499 | 253 | 4.30E+02 |
| Itaperi I | Média | 7,17 | 589,75 | 238,87 | 3.01E+02 |
| | Desvio Padrão | 0,20 | 163,24 | 97,18 | 6.92E+04 |
| | Mediana | 7,17 | 592,78 | 243 | 9.60E+02 |
| | Mínimo | 6,12 | 221,8 | 56 | 1.00E+00 |
| | Máximo | 7,65 | 1000 | 660 | 2.40E+05 |
| Pajuçara | Média | 7,28 | 238,17 | 83,58 | 1.34E+06 |
| | Desvio Padrão | 0,19 | 94,39 | 34,74 | 1.92E+06 |
| | Mediana | 7,3 | 225,1 | 83,25 | 3.50E+06 |
| | Mínimo | 6,78 | 19,2 | 15 | 4.10E+02 |
| | Máximo | 7,98 | 495,2 | 207 | 9.20E+06 |
| TCM | Média | 7,42 | 131,26 | 45,60 | 2.47E+04 |
| | Desvio Padrão | 0,27 | 26,83 | 23,40 | 2.00E+05 |
| | Mediana | 7,41 | 127,2 | 38 | 1.50E+05 |
| | Mínimo | 6,77 | 64,5 | 4 | 1.00E+02 |
| | Máximo | 7,91 | 196,6 | 107 | 9.30E+05 |

Observou-se que todos os parâmetros, com exceção do pH, mostraram uma grande variação em todas as ETE's. Por este motivo, admite-se que tais resultados encontrados sejam atribuídos a um conjunto de fatores, como diferença de temperatura, diferentes condições operacionais dos reatores (volume de descargas do lodo e frequência da descarga), presença de contribuições industriais (elevadas cargas orgânicas) e problemas na distribuição das vazões afluentes em cada reator.

A ETE TCM, que opera com o sistema UASB + FSA + DL, foi a que apresentou as melhores médias comparadas às demais ETE's. Com exceção do parâmetro *E.coli*, todos os demais indicadores estão dentro da faixa limite permitida pela legislação estadual.

As ETE's Aracapé III e Itaperi I, que possuem a mesma tecnologia de tratamento, exibiram valores médios acima dos valores permitidos pela Portaria 154 da SEMACE para os parâmetros DQO e SST. Dessa forma, esses resultados comprovam a real necessidade de uma etapa de pós-tratamento nestas ETE's, para que atendam aos padrões de lançamento no corpo receptor.

As ETE's Pajuçara e TCM possuem a mesma configuração, ou seja, uma unidade de pós-tratamento para complementar a eficiência no tratamento, com as seguintes características: alta concentração de biomassa ativa

no volume reacional, pequena produção de lodo, resistência a choques hidráulicos e de carga orgânica. Contudo, o desempenho da ETE Pajuçara não correspondeu com os resultados esperados para este tipo de sistema, tal comportamento pode ser devido a um conjunto de fatores como falhas no projeto, sobrecarga orgânica, sobrecarga hidráulica, ou muito comumente devido à falhas operacionais. Dentre os resultados médios apresentados para esta ETE, três (DQO, SST e *E.coli*) ficaram acima do valor padrão permitido pela legislação.

Nas **Figura 2, 3, 4 e 5**, podem ser visualizadas as distribuições de frequência acumulada dos parâmetros analisados para as ETE's em questão.

Figura 2: Distribuição de frequência acumulada para os resultados do pH efluente das ETEs em estudo.

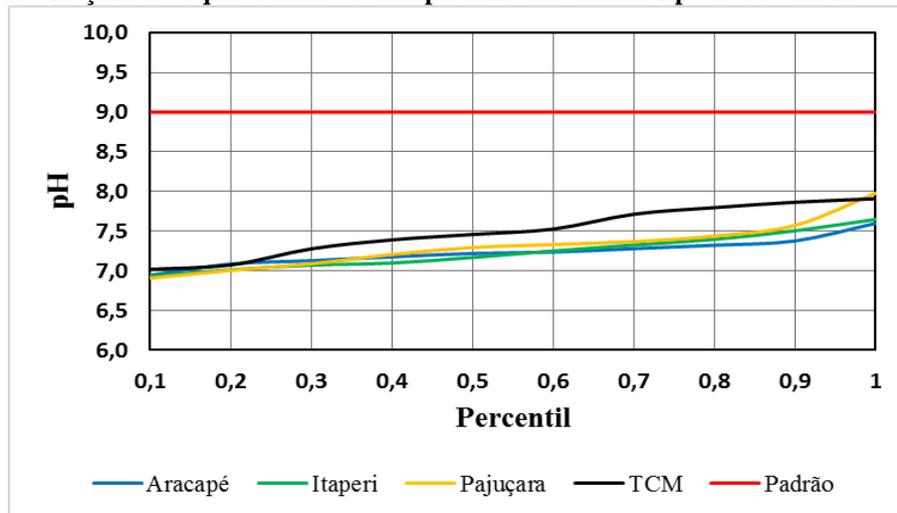


Figura 3: Distribuição de frequência acumulada para os resultados de DQO efluente das ETEs em estudo.

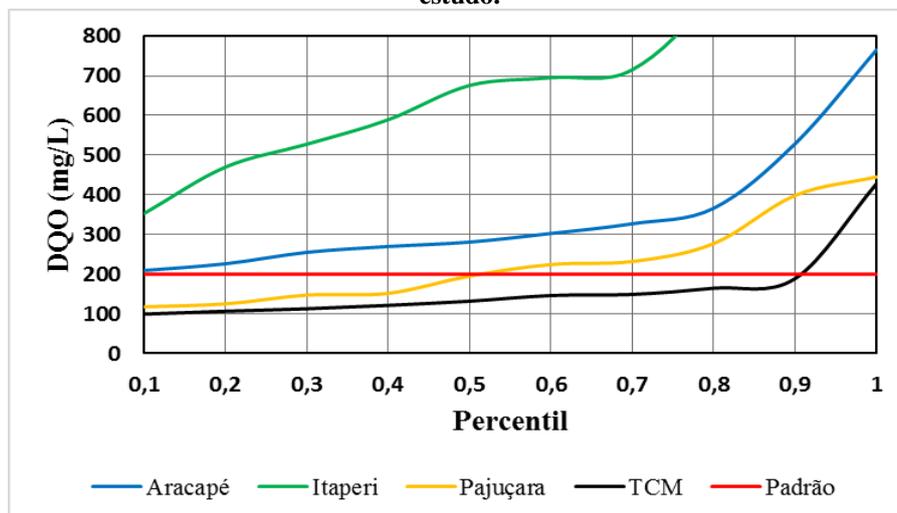


Figura 4: Distribuição de frequência acumulada para os resultados de SST efluente das ETEs em estudo.

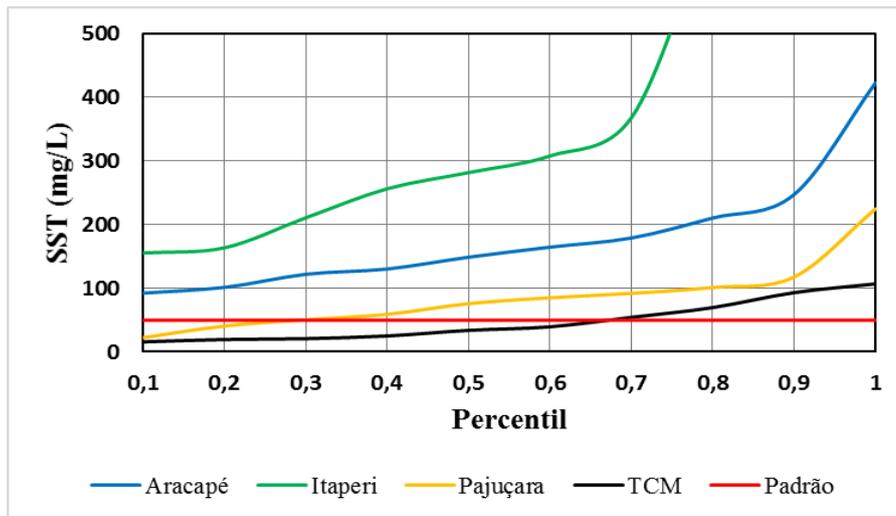
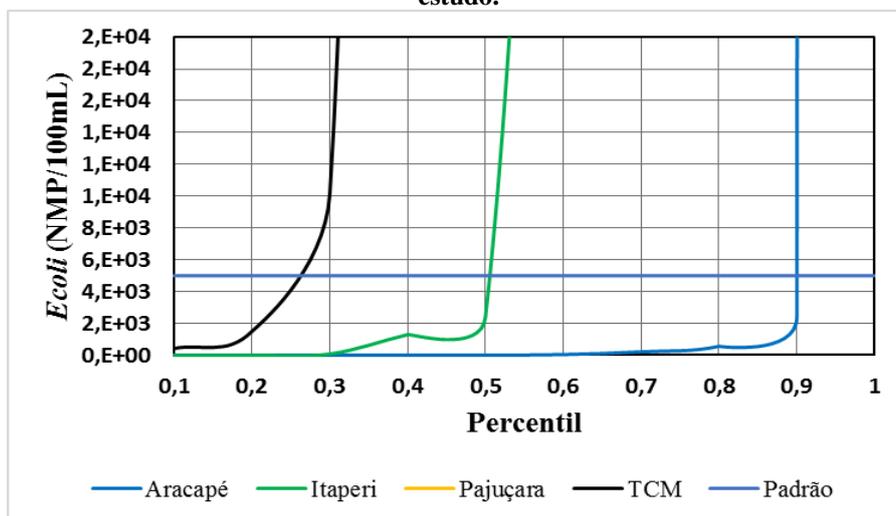


Figura 5: Distribuição de frequência acumulada para os resultados de SST efluente das ETES em estudo.



A partir da análise da distribuição de frequência acumulada é possível observar os percentuais de atendimento dos parâmetros aos padrões estabelecidos pela SEMACE. Em relação ao pH, verifica-se que todas as ETES apresentaram 100% dos valores dentro da faixa indicada pela norma.

Para os parâmetros DQO e SST, observa-se ao longo do período de monitoramento (2013 e 2016) que em nenhum momento as ETES Itaperi e Aracapé atenderam aos padrões da SEMACE. Ainda em relação a esses parâmetros, observa-se que, para a ETE TCM, os percentuais de atendimento foram de 100 e 75%, respectivamente. Já para a ETE Pajuçara, os índices de atendimento foram bem inferiores aos obtidos para a ETE TCM, muito embora possuam a mesma configuração de tratamento. Além disso, observa-se baixo percentual de atendimento para todas as ETES, com exceção da ETE Aracapé, em relação ao parâmetro *E.coli*.

Finalmente, esses resultados, em especial, para os parâmetros DQO e SST contrariam sobremaneira o que prevê a literatura, indicando a necessidade de uma avaliação mais detalhada das condições operacionais desses sistemas.

CONCLUSÕES

Os resultados encontrados para tratamento de efluentes domésticos através de sistemas de reatores UASB comprovaram a necessidade de um pós-tratamento, visto que essas tecnologias apresentaram valores médios, para quase todos parâmetros, bem acima da faixa permitida na Portaria 154 da SEMACE para lançamento de efluentes nos corpos d'água.

O desempenho dos sistemas UASB + FSA + DL mostraram que podem ser aptos para operarem sem problemas consideráveis e podem fornecer resultados aceitáveis que atendam à legislação ambiental do Estado do Ceará, no que tange ao lançamento em corpos receptores.

Em virtude dos baixos índices de atendimento aos padrões, pode-se concluir a necessidade da CAGECE de tomar diversas medidas emergenciais a fim de assegurar o tratamento adequado dos efluentes e que o descarte dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAGECE. Plano de Monitoramento de Esgoto. 2011
2. DOS SANTOS, A. B., Avaliação técnica de sistemas de tratamento de esgotos. Banco do Nordeste, Fortaleza, 2007, 206 p.
3. CHERNICHARO, C.A.L, Reatores anaeróbios. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 2007. 380 p. (Princípio do tratamento biológico de águas residuárias).
4. SEMACE. CEARÁ (Estado). Portaria nº 154, de 22 de julho de 2002. Dispõe Sobre Padrões e Condições Para Lançamento de Efluentes Líquidos Gerados Por Fontes Poluidoras. Publicada no DOE em 01 de outubro de 2002. Disponível em:<http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95> Acesso em: 25 dez. 2016.
5. VAN HAANDEL, Adrianus; LETTINGA, Gatzte, Tratamento Anaeróbio de Esgotos – Um Manual para Regiões de Clima Quente, Epgraf, 239 p., Campina Grande – PB,1994.