

# **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E COLIFORMES TERMOTOLERANTES NA ETE CAIÇARA**

**Bruno César Dias de ALBUQUERQUE (1); Andréia Castro de Paula NUNES (2); Adriana Dias Moreira PIRES (3); Luênia Kaline Tavares DA SILVA (4); André Luis Calado ARAÚJO (5).**

(1) Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio grande do Norte- IFRN, e-mail: bruno.bcda@gmail.com

(2) IFRN, e-mail: andreiacpnunes@hotmail.com

(3) IFRN, e-mail: drickinha\_p@hotmail.com

(4) IFRN, e-mail: lueniaktdas00@hotmail.com

(5) IFRN, e-mail: acalado@ifrn.edu.br

## **RESUMO**

O presente trabalho tem por objetivo geral, diagnosticar a eficiência operacional, especificamente na remoção de matéria orgânica e coliformes termotolerantes (Ct) da ETE Caiçara, localizada no município de Caiçara do Rio do Vento/RN. O período de monitoramento da ETE aconteceu de maio a dezembro de 2009, com total de 13 visitas, onde por vez eram coletadas 4 amostras, referentes ao esgoto bruto e aos efluentes de cada lagoa. In loco eram feitas as medições de temperatura e pH, em laboratório, análises referentes aos seguintes parâmetros físico-químicos e microbiológicos: DBO, DQO, OD, ST, NH<sub>3</sub>, NTK, Ct e clorofila *a*. Como resultados do diagnóstico operacional foi possível constatar que há presença de material sobrenadante em todas as lagoas e vegetação nos taludes e arredores, o que pode está influenciando diretamente no funcionamento dos sistemas e indicando falta de manutenção adequada. Quanto ao diagnóstico da eficiência, o sistema apresentou remoção de DBO de 79%. Em relação a DQO e aos coliformes termotolerantes, as eficiências constatadas ficaram abaixo do esperado para a tipologia utilizada, sendo a da DQO de 64% e a dos coliformes termotolerantes de 99,88%. Por fim, recomendou-se a visita frequente de operadores, reparos nas instalações, remoção do material sobrenadante presente na superfície das lagoas e da vegetação nos taludes e arredores, e ainda a medição da vazão dos efluentes para identificar se as estações estão trabalhando com sobrecarga.

**Palavras-chave:** lagoas de estabilização, avaliação operacional, remoção de matéria orgânica, coliformes termotolerantes.

## **1 INTRODUÇÃO**

Fatores como a crescente industrialização, aumento demográfico, desenvolvimento de novas tecnologias levaram a um cenário de exploração cada vez maior dos recursos naturais. Com isso, medidas mitigadoras passaram a ser adotadas a fim de diminuir os impactos ambientais e propiciar a manutenção dos recursos e da qualidade de vida das populações.

Nesse contexto de adoção de medidas que visam mitigar os impactos ambientais causados, principalmente aos corpos d'água presentes nas grandes cidades, tem-se o tratamento dos esgotos. No Brasil e em diversos países tropicais, onde as condições naturais são extremamente favoráveis, o uso de lagoas de estabilização como tecnologia de tratamento é bastante difundido.

No estado do Rio Grande do Norte, segundo Silva Filho et al (2006), e Silva Filho (2007) a cobertura para o tratamento de esgotos é de 16,29%, sendo as lagoas de estabilização o principal meio de tratamento, e a tipologia formada por uma lagoa facultativa (LF) e duas de maturação (LM1 e LM2) a mais usada.

Dentre as diversas vantagens e desvantagens que são elencadas com sua utilização, vale ressaltar que de maneira geral o funcionamento, ou seja, a estabilização da matéria orgânica, se dá a partir da auto-depuração natural do efluente, por meio da ação de microrganismos. Com isso a eficiência dos sistemas de lagoas está condicionada a uma série de fatores, como por exemplo, a insolação, temperatura, ventos, manutenção adequada, dentre outros.

Partindo dessa premissa, a avaliação da eficiência dos sistemas de tratamento, é uma ferramenta essencial para verificar o funcionamento, e no caso de problemas, constatar as causas e estabelecer ações que venham a manter os bons índices de eficiência do tratamento, além de identificar as especificidades de cada sistema e localidades, a fim de subsidiar futuros parâmetros de projeto.

Com isso, o objetivo dessa pesquisa é diagnosticar a eficiência operacional, especificamente na remoção de matéria orgânica e coliformes termotolerantes do sistema de tratamento de esgotos do município de Caiçara do Rio do Vento (ETE Caiçara).

Esse artigo faz parte das pesquisas e análises laboratoriais realizados por meio do projeto intitulado de “Avaliação operacional e da eficiência de lagoas de estabilização no estado do Rio Grande do Norte – ALERN”, financiado pela Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, em parceria com o IFRN/FUNCERN.

## **2 METODOLOGIA**

Em cada visita ao sistema, foram coletadas 4 amostras, referentes ao esgoto bruto, lagoa facultativa e lagoas de maturação 1 e 2. Na ETE Caiçara foram realizadas 13 visitas, no total de 52 amostras coletadas no período correspondente de 28/05/2009 a 21/12/2009, a coleta acontecia predominantemente no período da manhã por volta das 10:00 horas.

A coleta do efluente era feita por meio de frascos plásticos (polipropileno e polietileno), com volume de 1 litro, e em campo eram determinados os parâmetros de pH, temperatura e oxigênio dissolvido (OD), salvo dias em que não houve viabilidade técnica, principalmente na medição do OD, que apesar de medido em campo ou não, era sempre fixado com reagentes (sulfato manganoso e ázida sódica) para posterior análise em laboratório.

As amostras eram acondicionadas em caixas térmicas com gelo e levadas para o laboratório do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), no qual os seguintes parâmetros físico-químicos, e microbiológicos eram quantificados: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO), OD, sólidos totais (ST), nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_3$ ) e total pelo método de Kjeldahl (NTK), coliformes termotolerantes (Ct) e clorofila *a*. Todos os parâmetros foram determinados de acordo com os procedimentos padrões descritos em APHA et al. (2005).

Por fim os dados obtidos por meio das análises laboratoriais foram agrupados e submetidos ao tratamento estatístico a fim de se fazer a análise descritiva e obter valores de tendência central (média), para compará-los com os valores contidos na literatura.

## **3 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO SISTEMA**

O sistema, destinado a tratar esgotos de origem doméstica, é formado por três lagoas em série, sendo uma LF e LM1 e LM2. A estação fica aproximadamente 50 metros da zona urbana, próximo ao rio do vento e da BR-304, com a seguinte localização geográfica: Latitude  $5^\circ 45' 29,2''$  Sul e Longitude  $35^\circ 59' 43,5''$  Oeste (SILVA FILHO, 2006). (Figura 1)

A estação foi projetada em 2001, baseada em uma população de 2.244 habitantes, considerando a vazão média futura de 1,56 l/s que corresponde a 134,78 m<sup>3</sup>/dia, a qual segundo a CAERN (2008), corresponde a atual.

O esgoto bruto chega a estação por bombeamento, no compartimento de entrada é dividido e entra por meio de duas tubulações de 100mm na lagoa facultativa (primária). O tratamento preliminar é feito a aproximadamente 150 metros das lagoas, antes do bombeamento do efluente.

Foi possível constatar nas visitas, o extremo excesso de vegetação perto da entrada do esgoto, assim como nos arredores de todas as lagoas, o que remete ao descaso na manutenção e dificulta o trabalho de monitoramento. O tempo de detenção na lagoa facultativa é de aproximadamente 14 dias, onde dar-se-á o tratamento (estabilização).

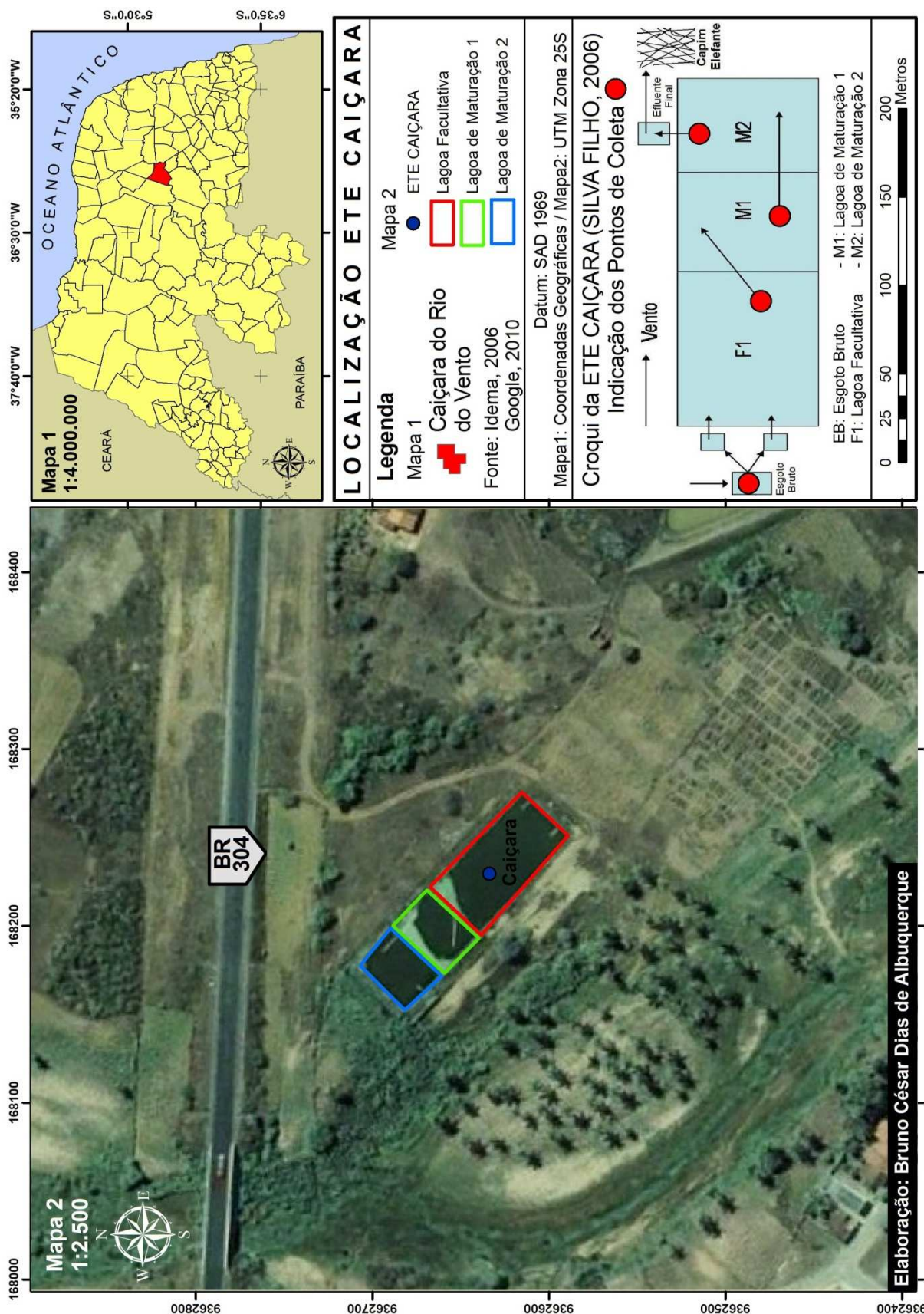


Figura 1 - Mapa de localização da ETE Caiçara e indicação dos pontos de coleta. Fonte: O Autor (2010).

Pode-se constatar em todas as lagoas e principalmente na M1, manchas verdes e marrons, que indicam floração excessiva de algas, e a presença de macrófita flutuante (*Lemna sp.*), chegando em algumas visitas,



ao ponto extremo de cobrir toda a área da lagoa, como pode ser visto na figura 2. Onde o ideal seria sua remoção, pois há prejuízos quanto a passagem da luz, trocas gasosas, além de ocasionar mau cheiro e presença de insetos.



**Figura 2 - Vista da lagoa de maturação 1 totalmente coberta por material sobrenadante. Fonte: O Autor (2010).**

Segundo a CAERN (2001), o efluente da estação seria direcionado ao rio do Vento, entretanto há indício do uso do efluente na irrigação da área com presença de capim elefante. Curiosamente ainda há alguns canos (sifão), puxando o efluente da lagoa de maturação provavelmente para fins de reuso, como pode ser visto na figura 3.



**Figura 3 – (A) Vista da lagoa de maturação 2. (B) Cano presente na lagoa. Fonte: O Autor (2010).**

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados das medições e análises realizados foram sintetizadas na tabela 1 abaixo, apresentando os valores médios em destaque, com as faixas de variação abaixo entre parênteses. Os valores de DBO, DQO e coliformes termotolerantes, adotados como principais parâmetros utilizados para representar a remoção de matéria orgânica e coliformes termotolerantes, serão representados gráficamente nos tópicos posteriores.

**Tabela 1: Valores obtidos na medições e análises, mostrando valores mínimos, máximos e as médias.**

Variável	EB	LF	LM1	LM2
Temperatura (°C)	30,0 (28,0 – 32,0)	28,0 (26,6 – 30,0)	27,9 (26,2 – 29,0)	29,7 (26,4 – 31,4)
pH	7,0 (7,0 – 7,0)	8,0 (7,4 – 8,0)	7,7 (7,4 – 8,0)	8,0 (7,6 – 8,4)
OD <sup>1</sup> (mg/l)		2,0 (0,1 – 5,0)	2,1 (0,0 – 6,0)	3,2 (0,1 – 6,0)
ST (mg/l)	999 (578 – 1476)	872 (575 – 1202)	826 (377 – 1072)	900 (403 – 1703)
NTK	110,0 (17,0 – 210,0)	56,0 (21,9 – 113,0)	43,9 (20,9 – 83,0)	35,5 (21,9 – 45,8)
NH <sub>3</sub> (mg/l)	43,0 (17,0 – 59,0)	29,0 (21,9 – 37,0)	27,8 (20,8 – 37,0)	26,6 (21,9 – 31,6)
Clorofila a <sup>3</sup> (µg/L)		1618 (267 – 2443)	1232 (78 – 2215)	1093 (130 – 2174)

<sup>1</sup> O OD para amostra de esgoto bruto não é realizado, pois os valores são sempre próximos de zero.

<sup>3</sup> Clorofila a para amostra de esgoto bruto, não é realizada, pois não há presença de algas.

**Fonte: O Autor (2010).**

A temperatura média apresentou variações pequenas, condizentes com as condições climáticas do local, estando entre 27,9 e 30 °C. O esgoto bruto geralmente chega com uma temperatura mais elevada, em função da contribuição dos despejos domésticos que passaram por aquecimento, e inicialmente sua temperatura tende a cair a medida que fica retido na lagoa facultativa e posteriormente a aumentar nas lagoas de maturação, onde sofrem os efeitos da radiação solar mais intensamente. Quanto maior a temperatura, maior será atividade metabólica das bactérias envolvidas no processo de estabilização, ressaltando-se que a faixa ideal está entre 25 e 35°C, valores menores ou maiores do que isso, podem vir a atrapalhar os processos de estabilização

Os valores médios de pH oscilaram entre 7,0 e 8,0, mostraram-se crescentes ao decorrer da série. O que é explicado pelo início do processo fotossintético das algas nas lagoas facultativas, que consomem o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dissolvido na massa líquida, por meio da oxidação da matéria orgânica pelas bactérias facultativas e estritamente aeróbias, onde íon bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) tende a converter-se a hidroxila (OH<sup>-</sup>), resultando no aumento do pH.

A única ressalva se dá pelo fato de que o valor obtido na LM1 foi menor do que o valor da LF, o que poder indicar que a atividade fotossintética das algas pode estar sendo atrapalhada. Provavelmente a biomassa sobrenadante vista na figura 2, está impedindo a passagem de luz e consequentemente diminuindo a atividade fotossintética das algas que não estão na superfície.

O aumento do oxigênio molecular dissolvido na massa líquida dos efluentes é importantíssimo no tratamento do efluente e na manutenção da atividade aeróbia. A ETE Caiçara apresentou OD entre 2,0 e 3,2 mg/l, valores de uma maneira geral muito baixos, que podem indicar sobrecarga do sistema, principalmente pelo fato de receber o esgoto muito concentrado como demonstram os valores de DBO mostrados posteriormente. Em função provavelmente da pouca disponibilidade de água e fatores socioeconômicos referentes a região semi-árida no qual está inserida.

Assim como o pH, o OD também sofre a ação da atividade das algas e da respiração das bactérias, já que as algas produzem oxigênio a partir da fotossíntese (cerca de 15 vezes mais do que necessitam) e as bactérias liberam dióxido de carbono na respiração. Estabelecendo-se a relação entre os dois parâmetros, reforça-se a hipótese de que na LM1, está havendo balanço negativo entre a fotossíntese das algas e respiração bacteriana, resultando em maior consumo de oxigênio e valores mais baixos do que a lagoa facultativa.

Os sólidos totais (ST) representam a matéria sólida total presente no esgoto. Os valores obtidos mostram-se bastante altos, contendo esgoto bruto 999 mg/l enquanto o efluente final 900 mg/l. Numericamente a remoção foi baixíssima (9,92%), porém há uma mudança na composição do líquido, ou seja, no esgoto bruto, atribui-se os sólidos representam principalmente a matéria orgânica, enquanto que no efluente final, a biomassa algal, que passou a fazer parte da massa líquida durante o processo de estabilização.

A remoção dos nutrientes faz-se necessária para manter o equilíbrio dos ambientes aquáticos e evitar processos impactantes como a eutrofização. O nitrogênio pode ser encontrado em diferentes formas:

orgânica, amônia ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NH}_3$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). No esgotos domésticos brutos, as formas predominantes serão a orgânica e amônia, visto que ao analisar o ciclo do nitrogênio, percebe-se que estas são formas menos oxidadas, indicando um estágio recente do processo de estabilização.

O Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) representa a presença do nitrogênio na forma orgânica e na forma de amônia presente na amostra. A variação do esgoto bruto ao efluente final foi de 110,0 a 35,5 mg/l, representando eficiência de 67%. As maiores reduções ocorrem na lagoa facultativa e os mecanismos de remoção incluem a sedimentação do nitrogênio orgânico, nitrificação e desnitrificação e ainda assimilação do nitrogênio amoniacal pelas algas e volatilização da amônia, principalmente nas lagoas de maturação.

Na forma de amônia ( $\text{NH}_3$ ), a variação foi de 43,0 mg/l no esgoto bruto e 26,6 mg/l no efluente final, representando eficiência de 38%. Explicado provavelmente pelo aumento não significativo do pH e do OD, o que desfavorece a volatilização da amônia.

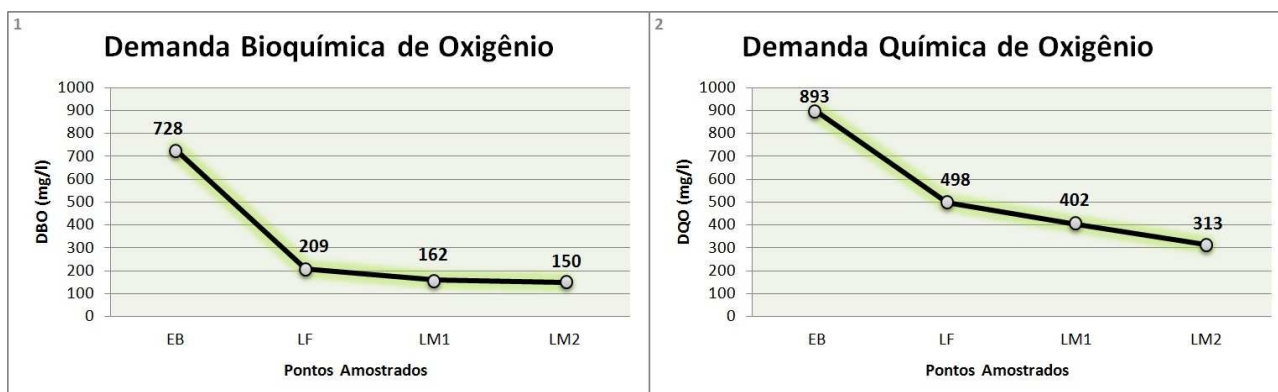
A clorofila é um pigmento presente em todos os eucariotos fotossintetizantes e cianobacterias, não é o único, mas é o principal envolvido no processo de fotossíntese. Dos diferentes tipos de clorofila, como “a”, “b” e “c”, as plantas verdes apresentam 3/4 dessa clorofila do tipo “a”, por isso usa-se a quantificação desse pigmento como indicativo da quantidade de biomassa algal. (RAVEN et al, 2007)

Na ETE Caiçara, os valores referentes a clorofila *a*, apresentaram oscilação relevante e decresceram de maneira linear ao longo do sistema, variando de 1618 na LF a 1093  $\mu\text{g/L}$  na LM2, apesar das lagoas de maturação serem projetadas para favorecer a atividade fotossintética, a estabilização da matéria orgânica se dá principalmente na lagoa facultativa, tem-se nas lagoas de maturação um tempo de detenção menor e um cenário de diminuição da quantidade de nutrientes (essenciais para o crescimento das algas) e maior competição, o que explica valores menores.

#### 4.1 Remoção de DBO, DQO e Ct

A DBO quantifica o oxigênio necessário para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente em uma amostra, é um dos principais métodos para quantificar a matéria orgânica, bem como indicar a concentração do esgoto. Assim como na literatura, os valores que constam como DBO, representam a  $\text{DBO}_5$ , que remete a demanda bioquímica de oxigênio após um período de 5 dias, a 20° C.

Como mostra o gráfico 1, o valor obtido para o esgoto bruto apresentou-se com 728 mg/l, indicando que o esgoto afluente da estação é bastante concentrado no que diz respeito a presença de matéria orgânica por unidade de volume. Em relação a variação entre as lagoas, os valores decresceram de 728 mg/l do esgoto bruto a 150 mg/l na saída do efluente da lagoa de maturação 2, representando uma eficiência total de 79%.



Gráficos: 1) Remoção de DBO (mg/l) nos pontos amostrados - 2) Remoção de DQO nos pontos amostrados. Fonte: O Autor (2010).

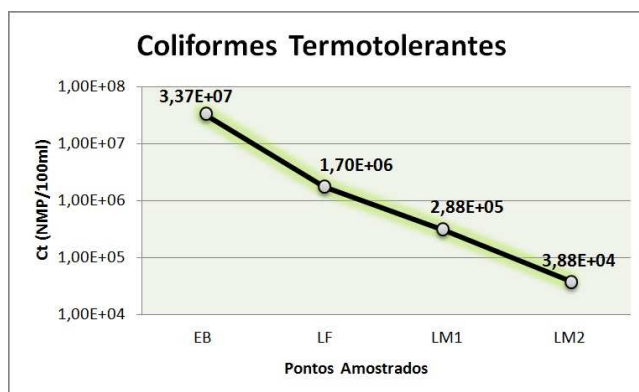
A DQO é usada para quantificar a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a fração orgânica de uma amostra, bem como tudo que demande oxigênio para ser oxidado, inclusive sais e minerais, por isso seus valores são maiores, geralmente de 1,7 a 2,4 vezes a concentração de DBO (JORDÃO e PESSÓA, 2009). Ou seja é importante entender a relação DBO/DQO, como uma sendo uma parte de um todo, e este todo é a



DQO, o que justifica o fato de efluentes industriais terem valores de DQO extremamente altos, pois apesar de não se ter predominantemente matéria orgânica, tem-se um efluente geralmente rico em metais, mineirais, sais e produtos químicos que durante o processo de estabilização, demandam oxigênio. Também pode indicar e complementar as informações obtidas por meio dos testes de DBO em relação a quantidade de matéria orgânica presente no esgoto e eficiência de remoção dos sistemas.

Os valores de DQO, seguiram a mesma tendência dos de DBO, no que se refere a maior redução ter ocorrido na lagoa facultativa. A eficiência total dos sistemas, como mostra o gráfico 2 a variação no esgoto bruto foi de 893 mg/l, e no efluente final 313 mg/l, resultando em uma eficiência total de 64,92 %

Quanto a análise microbiológica, o sistema apresentou decréscimo da quantidade de Ct em todas a série de lagoas. O gráfico 3 apresenta os valores em escala logarítmica, e representados pela unidade de NMP, que significa número mais provável, no qual é possível observar que no sistema a variação foi de 2,93E+07 a 2,89E+05 NMP/100 ml, o que representa eficiência de 99,88% .



**Gráfico3: Remoção de Ct nos pontos amostrados.Fonte: O Autor (2010).**

Para ajudar entender o que significa essa carga numericamente falando, é importante considerar que existe uma grande quantidade de microrganismos a serem inativados no esgoto sanitário, e para que a eficiência de remoção do efluente tratado atinja os padrões de qualidade microbiológica os percentuais de eficiência podem superar 99,99%. O que numericamente segundo GONÇALVES, JORDÃO e SOBRINHO (2003) pode representar:

- Densidade de Ct típica do esgoto bruto:  $10^7$  NMP/100 ml
- 90% de redução:  $10^6$  NMP/100 ml. 99% de redução:  $10^5$  NMP/100 ml
- Redução necessária para atingir um padrão de reuso agrícola ou de balneabilidade (efluente com  $10^3$  NMP/100 ml): 99,99%.

## 5 CONCLUSÃO

As variações de temperatura no qual o sistema encontram-se submetido está dentro da faixa ideal para funcionamento. Há presença de material sobrenadante em todas as lagoas e vegetação nos taludes e arredores, o que pode está influenciando diretamente no funcionamento dos sistemas e indicando falta de manutenção adequada.

A estação apresentou valores de pH dentro do esperado para o esgoto bruto de efluentes domésticos, todavia, no resto da série os valores poderiam ter sido maiores, o que influenciaria nos resultados de remoção de nitrogênio. As concentrações de oxigênio dissolvido apresentaram-se aquém do esperado, o que pode indicar sobrecarga do sistema, influência de fatores externos e falta de manutenção adequada.

A eficiência obtidas em relação a remoção de DBO, foi de 79% , e encontra-se perto do esperado que segundo a literatura que é de 80 a 85%. Porém, apesar desse percentual, ao considerar o valor de saída, no caso 150 mg/l, é possível inferir que ainda é um efluente com uma certa carga (considerando que na literatura pode ser encontrado valores de 300 mg/l para esgoto bruto), que dependendo do tipo de lançamento ou reúso, ainda precisaria aumentar a qualidade e consequentemente a eficiência do tratamento.

Em relação a remoção de DQO, as eficiências mostraram-se abaixo do esperado para a tipologia usada que é de 70 a 83%, apresentando valores de apenas 64%.

O efluente do sistema apresentou elevado número de sólidos totais, o que provavelmente indica a presença de biomassa de alga, o que dependendo de sua utilização posterior, ou lançamento, faz-se necessária a implantação de um pós tratamento para remoção desses sólidos, visto o impacto que pode ser causado.

A remoção de nutrientes, representado pelos parâmetros de nitrogênio total, foi satisfatória considerando a eficiência geral dos sistemas, pois a remoção chegou 67% enquanto o esperado pela literatura é de 40 a 65% (considerando uma LF + M). Entretanto na forma de amônia a remoção foi respectivamente 38%, ficando abaixo do previsto na literatura, que é de 40 a 80%.

Considerando a remoção de coliformes termotolerantes, numericamente foi elevada, sendo de 99,88% porém quando compara-se com a literatura, espera-se que o valor deva chegar a 99,99%, visto que, por se tratar de uma representação de um número em escala logarítmica, uma fração pequena do percentual pode ainda conter uma quantidade numericamente considerável de microrganismos e os padrões legais de reúso agrícola pro exemplo, preconizam  $10^3$  NMP/ 100ml, e o efluente encontra-se com valores maiores, na faixa de  $10^4$ .

Recomenda-se a visita freqüente de operadores, bem como a remoção do material sobrenadante presente na superfície das lagoas e da vegetação nos taludes e arredores, visto que há poucos indícios de manutenção dos sistemas, e em nenhuma visita foi constatada presença de operador. Também é necessário que haja a medição da vazão dos efluentes para identificar se as estações estão trabalhando com sobrecarga.

## REFERÊNCIAS

APHA et al.. Standard methods for the examination of water and wastewater. New York : Public Health Association Inc, 2005.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN). Prefeitura municipal de Caiçara do Rio do Vento/RN. Sistema de esgotamento sanitário: projeto básico das bacias B02 e B03. Agosto, 2001.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE. Tabela com valores de vazão das estações. 2008. No prelo

GONÇALVES, R. F; JORDÃO, E. D.; SOBRINHO, P. A. Introdução. In: *Desinfecção de efluentes sanitários, remoção de organismos patogênicos e substâncias nocivas. Aplicações para fins produtivos como agricultura, aquíicultura e hidroponia (PROSAB)*. Rio de Janeiro: ABES, 2003. p 1-23.cap. 1  
INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE (IDEMA). Banco de dados de informações geográficas. Natal, 2006.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos – 5ª ed. Rio de Janeiro. ABES, 2009.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F; EICHHORN, S. E. Biologia vegetal. 7 ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

SILVA FILHO. Banco de dados pessoal de informações sobre lagoas de estabilização: Informações Geográficas, fichas de diagnóstico operacional, croquis e fotos. Natal, 2006.

SILVA FILHO, P. A.; ARAÚJO, A. L .C.; SOBRINHO, J. C.; FREITAS, E. P. Predominância de lagoas de estabilização tipo facultativa no Nordeste brasileiro. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA, 3., 2006, Fortaleza. Anais... Brasília: FUNASA, 2006. p.253-257.

SILVA FILHO, P. A. da. Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização. 2007. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed., UFMG/DESA, Belo Horizonte, 2005. v.1

VON SPERLING, M. Lagoas de Estabilização. 2. ed. 2 reimp, UFMG/DESA, Belo Horizonte, 2006. v.3