



## AVALIAÇÃO DA ETE NATAL CENTRAL NA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO

Ynês Fonseca Oliveira<sup>1</sup>, Danillo de Magalhães Ferraz<sup>2</sup>, André Luis Calado Araújo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Gestão Ambiental – IFRN. e-mail: [ynesoliveira2010@hotmail.com](mailto:ynesoliveira2010@hotmail.com)

<sup>2</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária (PPgES – UFRN). Técnico da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). e-mail: [danilloferraz@caern.com.br](mailto:danilloferraz@caern.com.br)

<sup>3</sup> Professor do IFRN e do PPgES – UFRN. E-mail: [acalado@ifrn.edu.br](mailto:acalado@ifrn.edu.br)

**Resumo:** O Estado do Rio Grande do Norte tem cerca de 80 sistemas de tratamento de esgotos sendo a tecnologia das lagoas de estabilização a predominantemente utilizada. A Estação de Tratamento de Esgoto Natal Central, devido a sua localização e disponibilidade de área foi concebida como um sistema convencional híbrido (UASB – lodos ativados com biodiscos) em nível terciário, sendo a ETE mais avançada do Estado e com maior capacidade de tratamento (450 L/s). O trabalho apresenta os resultados iniciais do seu monitoramento com ênfase na remoção de nitrogênio. As coletas foram realizadas semanalmente a partir de maio/2012 com base em amostra compostas coletada a cada 4 horas, durante 24 horas, do esgoto bruto e efluentes de todas as unidades. Resultados de temperatura, pH e oxigênio dissolvido indicam que as condições ambientais são adequadas para a remoção de carga orgânica, porém com ressalvas para o processo de nitrificação. Foram observadas remoções de Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Suspensos Voláteis de 73% e 86%, respectivamente. Destaca-se a predominância dos sólidos voláteis em relação aos fixos nas câmaras anóxicas e tanques aerados, no entanto observou-se um baixo desempenho dos processos de nitrificação e desnitrificação.. Amônia e nitrogênio orgânico foram removidos em 84% e 56% com baixas eficiências dos processos de nitrificação e desnitrificação, provavelmente devido às baixas concentrações de biomassa (SSV) e deficiências no sistema de aeração.

**Palavras-chave:** Biodisco, Lodo ativado, Remoção de nitrogênio, UASB.

### 1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio pode estar presente nos esgotos de diferentes formas, sendo elas, nitrogênio orgânico, amônia, nitrito, nitrato ou gás nitrogênio, e em distintos estados de oxidação (JORDÃO e PESSOA, 2009); (VON SPERLING, 2002); (VON SPERLING *et al*, 2009).

O nitrogênio orgânico e amoniacal são as principais formas de nitrogênio afluentes a uma estação de tratamento, provenientes de esgoto de residências, atividades agrícolas e industriais. A matéria nitrogenada inorgânica afluyente, representada pelo nitrogênio amoniacal, pode ser encontrada na forma gasosa ( $\text{NH}_3$ ) ou ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ); a predominância de uma ou de outra forma depende do pH (SANTOS, 2009). A remoção biológica de nitrogênio no tratamento de esgotos ocorre por dois mecanismos primários, o primeiro deles é a síntese da biomassa (assimilação do nitrogênio) com posterior descarte no lodo. O segundo mecanismo é a partir dos processos da nitrificação e desnitrificação, capaz de atingir altos níveis de remoção de nitrogênio. A nitrificação é um processo composto por duas etapas com atuação de um gênero de bactérias aeróbias que oxidam a amônia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) para nitrito ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), e outro gênero que oxidam o nitrito para nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ). Em certas condições, como por exemplo, concentração inadequada de oxigênio dissolvido, o processo pode ser interrompido na formação no nitrato. Na desnitrificação, uma fonte de carbono é oxidada utilizando como aceptor de elétrons o nitrato e/ou nitrito na reação oxi-redução para reduzir o nitrogênio oxidado ( $\text{NO}_3\text{-N}$  ou  $\text{NO}_2\text{-N}$ ) para nitrogênio gasoso ( $\text{N}_2$ ) (USEPA, 2010)

O Estado do Rio Grande do Norte tem cerca de 80 sistemas de tratamento de esgotos sendo a tecnologia das lagoas de estabilização a predominantemente utilizada. Em Natal, devido a falta de disponibilidade de área e a necessidade de tratar vazões cada vez maiores, os sistemas de lagoas estão dando vez aos sistemas convencionais, mais compactos e com maior capacidade de tratamento.

A Estação de Tratamento de Esgoto Natal Central foi implantada em uma região central da cidade em terreno pequeno para a implantação de um sistema de lagoas de estabilização. Dessa forma a ETE foi concebida para aliar as vantagens do tratamento anaeróbio (UASB Reator anaeróbio de fluxos ascendente correspondente a um reator biológico que consiste em realizar o tratamento do esgoto biológico através da decomposição da matéria orgânica e aeróbio (lodo ativado com biodisco) com tratamento terciário para a remoção de nitrogênio e microrganismos. ( CETE Poli/UFRJ)

Este trabalho apresenta um diagnóstico preliminar do funcionamento da ETE com destaque a eficiência de remoção de nitrogênio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Descrição da ETE

A ETE Natal Central, operada pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN, foi projetada para receber uma vazão média de 675 l/s (final de plano no ano de 2024). O projeto estabeleceu a divisão da ETE em 3 módulos, cada um com capacidade para tratar 225 l/s, sendo que dois desses módulos já se encontram construídos e em operação.

O sistema é composto por tratamento preliminar, UASB (Reator anaeróbio de manta de lodo), câmara anóxica, tanque de aeração com biodiscos, decantação secundária, e desinfecção por raios ultravioletas (Figuras 1 e 2). A ETE também dispõe de tratamento da fase sólida, mas como não é o foco do presente trabalho, não será abordada.

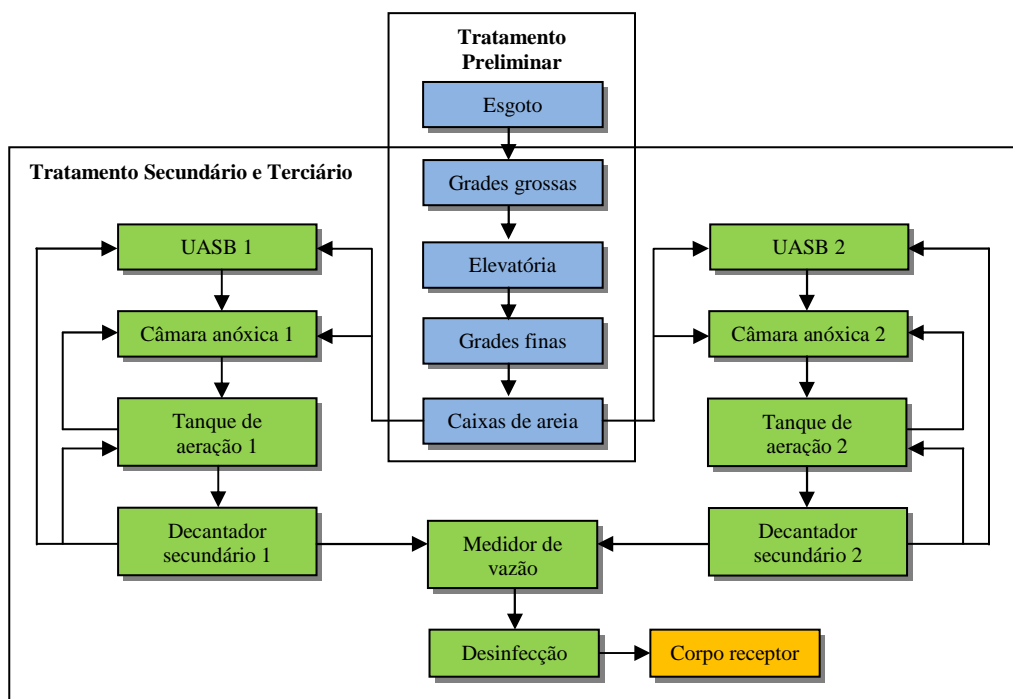


Figura 1 – Fluxograma da fase líquida da ETE Natal Central.

O tratamento preliminar é composto por gradeamento grosseiro com espaçamento de 20 mm e limpeza mecanizada. O gradeamento fino é realizado por peneiras finas mecanizadas do tipo de barras de placas paralelas, com espaçamento entre barras de 3 mm. Em seguida o esgoto passa pelo processo de desarenação, através de duas caixas de areia quadradas, de fluxo horizontal e remoção mecanizada.

Após passar pelo tratamento preliminar o esgoto bruto (EB) segue para os 8 reatores UASB (4 por módulo – UASB1 e UASB2), entretanto uma parte da vazão é destinada às câmaras anóxicas, para suprir a necessidade de carbono no processo de desnitrificação. Cada reator apresenta um volume útil de 1419 m<sup>3</sup>.

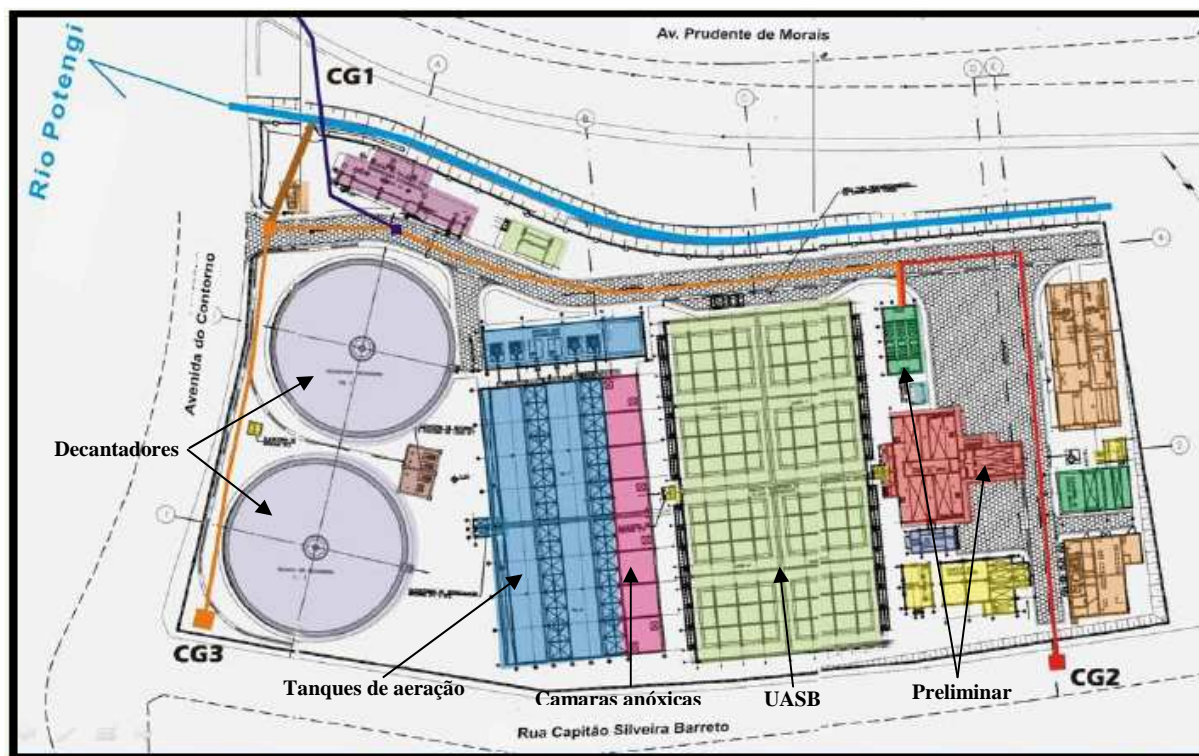


Figura 2 – Layout da ETE Natal Central.

Fonte:

<http://www.portal.rn.gov.br/content/aplicacao/caern/arquivos/curso/apresenta%C3%A7%C3%A3o%20valmir.pdf>

O efluente dos reatores anaeróbios segue para 2 câmaras anóxicas (1 por módulo – CA01 e CA02) juntamente com as vazões de recirculação dos tanques aerados e uma parcela do esgoto bruto. O volume de cada câmara anóxica é de  $1298 \text{ m}^3$ , e cada uma é equipada como dois misturadores do tipo submersível, para homogeneizar o conteúdo dos tanques e evitar pontos mortos e curtos circuitos.

Os dois tanques aerados com biodiscos, cada um com  $1482 \text{ m}^3$  (1 por módulo – TA01 e TA02), tem como material suporte eletrodutos corrugados, apresentando uma área de  $1040 \text{ m}^2/\text{biodisco}$ , para a formação do biofilme (Figura 3). O sistema de aeração é realizado por sopradores tipo deslocamento positivo, para introdução de bolhas finas (aeração) e grossas (movimento do biodisco). Parte do efluente dos tanques aerados é recirculado até as câmaras anóxicas através de bombeamento.



Figura 3 - Detalhe do material suporte dos biodiscos.



Para a separação das fases líquida e sólida são utilizados 2 decantadores (1 por módulo – ET) secundários de seção circular equipados com raspador mecânico de lodo. Cada decantador tem 32 m de diâmetro e uma profundidade útil de 3,5 m, totalizando um volume de 3216 m<sup>3</sup>.

O lodo é removido diretamente pelas bombas da elevatória de recirculação, sendo destinado aos reatores UASB e o excesso de lodo é destinado ao tanque de lodo digerido do sistema de desidratação. Atualmente é realizada a recirculação de todo o lodo produzido. O efluente dos decantadores segue para a etapa de desinfecção que é realizada por um sistema de emissão de raios ultravioletas.

## 2.2. Monitoramento da ETE

A ETE vem sendo monitorada semanalmente desde maio/2012 com base na coleta de amostras compostas, tomadas a cada 4 horas, durante um ciclo de 24 horas, em 10 pontos de monitoramento: esgoto bruto (EB), efluentes dos reatores UASB (UASB1 e UASB2), efluente das câmaras anóxicas (CA01 e CA02), efluente dos tanques aerados (TA01 e TA02), efluente final após decantação (ET) e das linhas de recirculação de lodo (LR1 e LR2).

Após a coleta as amostras são preservadas com gelo e ao final do ciclo são conduzidas ao laboratório de Análises de Águas e Efluentes do IFRN-Campus Natal Central, para a determinação das seguintes variáveis (APHA et al., 2005): sólidos suspensos totais e sólidos suspensos voláteis, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, nitrato, e alcalinidade. Temperatura, pH e oxigênio dissolvido foram medidos no campo durante as coletas. A vazão foi medida on-line através de sensores ultra-sônicos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios das variáveis medidas no campo, no momento da coleta, estão apresentados na Tabela 1.

As temperaturas médias variaram na faixa de 27,9 a 28,9 °C, sendo o esperado para a região nordeste do Brasil, o que deve contribuir para uma elevada taxa de degradação do esgoto.

O pH médio no esgoto bruto foi próximo ao neutro (7,1) e decresceu levemente nos efluentes dos reatores anaeróbios para 6,8 (UASB1) e 6,9 (UASB2), provavelmente devido a produção de ácidos orgânicos. Não foi verificada alteração de valores nas câmaras anóxicas, no entanto, nos tanques aerados foram observadas novas quedas atingindo nos efluentes valores de 6,5 (TA1) e 6,6 (TA2). O efluente final da ETE apresentou pH médio de 6,8 enquanto que nas linhas de recirculação de lodo os valores foram de 6,7 e 6,8, respectivamente em LR1 e LR2.

O oxigênio dissolvido foi medido apenas nas câmaras anóxicas, tanques aerados e no efluente final. As concentrações médias de oxigênio nos tanque aerados foram de 1,4 e 1,3 mg/L, suficientes para manter a degradação aeróbia dos compostos orgânicos, no entanto, ficam abaixo dos valores necessários para promover de forma eficiente o processo de nitrificação. As câmaras anóxicas, além de receberem os efluentes dos reatores UASB, recebem parte dos efluentes dos tanques aerados, para promover a desnitrificação do nitrato, e parte do esgoto bruto afluente, como fonte complementar de carbono para o processo da desnitrificação. Nestes tanques as concentrações de oxigênio foram inferiores as verificadas nos tanques aerados (0,8 mg/L).

A ETE promoveu reduções médias de sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) de 200 mg/L e 54 mg/L, no esgoto bruto, para 55 mg/L e 21 mg/L, no efluente final (Figura 4), correspondendo a eficiências de remoção de 73% e 86%, respectivamente.

Destaca-se que os reatores anaeróbios não promoveram remoção de sólidos suspensos, provavelmente devido a recirculação de lodo dos decantadores secundários que promove uma alta concentração de sólidos nos reatores UASB. É importante salientar que, embora a ETE esteja em operação há mais de um ano, a linha de tratamento de sólidos (lodo) ainda não entrou em operação, ou seja, o lodo é continuamente recirculado dentro da ETE.

Tabela 1 – Médias de temperatura, pH e oxigênio dissolvido obtidas ao longo do monitoramento.

Variáveis		Temperatura (°C)	pH	Oxigênio Dissolvido (mg/L)
Pontos de coleta				
EB		28,3	7,1	-
Linha 1	UASB1	27,9	6,8	-
	CA1	28,8	6,8	0,8
	TA1	28,9	6,5	1,4
	LR1	28,8	6,7	-
Linha 2	UASB2	27,9	6,9	-
	CA2	28,8	6,8	0,8
	TA2	28,9	6,6	1,3
	LR2	28,8	6,8	-
ET		28,6	6,8	5,8

As câmaras anóxicas e tanques aerados apresentaram elevadas concentrações de SST (faixa de 2812 a 3782 mg/L), com predomínio da fração volátil - SSV (2039 a 2579 mg/L), mas um pouco inferior ao indicado para sistemas de lodos ativados com nitrificação e desnitrificação (3000 mg/L). O aumento de sólidos suspensos nestes compartimentos deve-se ao crescimento microbiano sendo inerente ao tipo de tecnologia em questão e, é necessário para promover uma eficiente degradação da matéria orgânica presente no afluente. As elevadas relações SSV/SST (0,60 a 0,80) apontam para o predomínio de sólidos voláteis em relação aos fixos (biomassa) mesmo sem o sistema efetuar descarte de lodo de excesso.

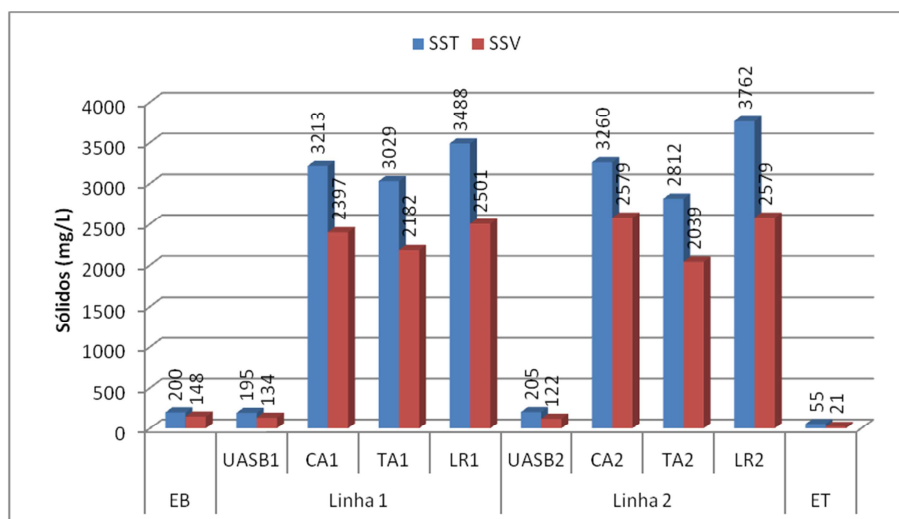


Figura 4 – Médias de sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) ao longo do processo de tratamento.

Em sistemas de lodos ativados com remoção biológica de nitrogênio (nitrificação e desnitrificação) é importante fazer o acompanhamento da alcalinidade pois durante a nitrificação ocorre o seu consumo enquanto que durante a desnitrificação ocorre a sua produção. A Figura 5 destaca variação da alcalinidade ao longo do processo de tratamento. É possível identificar pela figura significativos aumentos de alcalinidade nos efluentes dos reatores UASB, em relação ao esgoto bruto (175 mg/L para 246 mg/L). Posteriormente foram observadas diminuições contínuas de alcalinidade

nos efluentes das câmaras anóxicas (131 mg/L e 128 mg/L em CA1 e CA2, respectivamente) e tanques de aeração (81 mg/L e 84 mg/L, respectivamente em TA1 e TA2), atingindo no efluente final uma concentração de 76 mg/L.

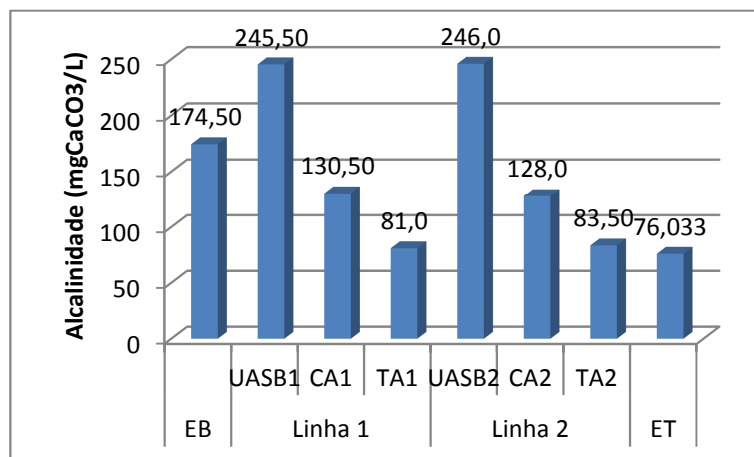


Figura 5 – Médias de alcalinidade ao longo do processo de tratamento.

As médias de nitrogênio amoniacal e orgânico estão apresentadas na Figura 6. A amônia verificada no esgoto bruto (32,8 mg/L) praticamente não sofreu alteração nos efluentes dos reatores UASB (32,5 mg/L) mas foi reduzida significativamente nos efluentes das câmaras anóxicas (14,4 mg/L e 13,4 mg/L em CA1 e CA2, respectivamente) e tanques de aeração (5,2 mg/L e 5,8 mg/L, em TA01 e TA02, respectivamente). No efluente final o valor médio foi de 5,4 mg/L correspondendo a uma eficiência média de remoção de 84%.

Em relação ao nitrogênio orgânico as médias encontradas no esgoto bruto (3,9 mg/L) e efluentes dos UASB (2,8 mg/L e 2,3 mg/L) foram semelhantes. No entanto, as concentrações aumentaram significativamente nas câmaras anóxicas e tanques aerados (14,3 mg/L em TA2 e 17,5 mg/L em CA1) devido, provavelmente, a assimilação de nitrogênio pela biomassa em suspensão. Com a separação do lodo nos decantadores a média de nitrogênio orgânico no efluente final foi reduzida para 1,7 mg/L, o que corresponde a uma eficiência de remoção de 56%. Conseqüentemente, as maiores concentrações de nitrogênio orgânico foram observadas nas linhas de recirculação de lodo coincidindo com as mais elevadas concentrações de sólidos.

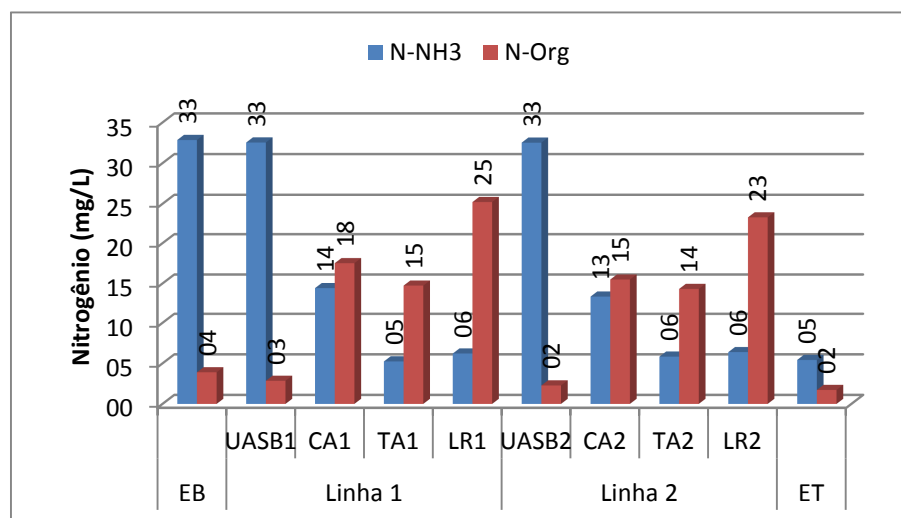


Figura 6 – Médias de nitrogênio amoniacal (NH<sub>3</sub>) e nitrogênio orgânico (N-Org) ao longo do processo de tratamento.

As concentrações de nitrato aumentaram ao longo da ETE: no esgoto bruto a média foi de 0,9 mg/L, nos reatores anaeróbios foi de 0,6 mg/L (UASB1) e 2,2 mg/L (UASB2), aumentaram para 4,8 mg/L (CA1) e 3,8 mg/L (CA2) nas câmaras anóxicas, para 7,3 mg/L (TA1) e 4,3 mg/L (TA2) nos tanques aerados, atingindo no efluente final a média de 8,6 mg/L (Figura 7).

Embora as concentrações de amônia tenham diminuindo bastante entre o esgoto bruto e os efluentes dos tanques de aeração, não foram observados aumentos na mesma amplitude nas concentrações de nitrato. No entanto, os resultados demonstram que a nitrificação ocorreu, embora de forma não significativa. Tais resultados podem estar associados a deficiências no sistema de aeração assim como a baixa quantidade de biomassa no tanque de aeração conforme já demonstrado pelas baixas concentrações de SSV. A maior concentração foi verificada no efluente final (8,6 mg/L).

Considerando a soma das três formas de nitrogênio avaliadas (Figura 8) a ETE apresentou a eficiência total na remoção de nitrogênio de 58% podendo ser relacionada com o processo de nitrificação/desnitrificação, volatilização de amônia e assimilação.

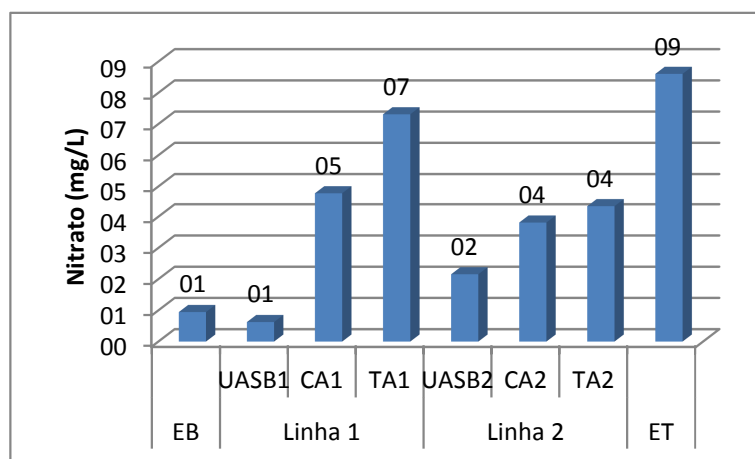


Figura 7 – Médias de nitrato ao longo do processo de tratamento.

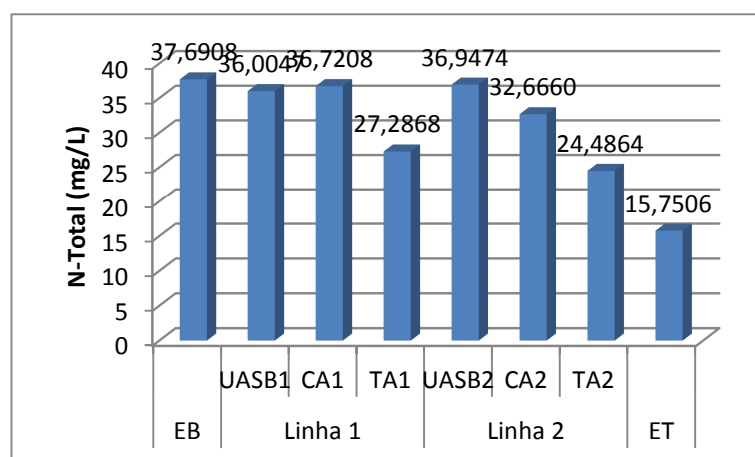


Figura 8 – Médias de nitrato ao longo do processo de tratamento.

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados de pH e oxigênio dissolvido indicam que as condições ambientais são próprias para a remoção de carga orgânica, no entanto, as baixas concentrações de oxigênio nos tanques de aeração podem inibir o processo de nitrificação.



A ETE atingiu remoções de SST e SSV de 73% e 86%, respectivamente. Destaca-se a predominância dos sólidos voláteis em relação aos fixos nas câmaras anóxicas e tanques aerados, no entanto os processos de nitrificação e desnitrificação não forma eficientes. As concentrações de SSV nos tanques de aeração foram inferiores ao recomendado para sistemas de lodos ativados.

As remoções de amônia e nitrogênio orgânico foram de respectivamente 84% e 56%. Os resultados apontam para baixas eficiências dos processos de nitrificação e desnitrificação, provavelmente devido a deficiências no sistema de aeração. O efluente final apresentou elevadas concentrações de nitrato o que contribuiu negativamente para uma remoção total de nitrogênio de 58%.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande no Norte – CAERN pela oportunidade de desenvolver atividades de pesquisa em suas estações de tratamento de esgotos e ao CNPq pela concessão de bolsa PIBITI.

### **REFERÊNCIAS**

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos** - 3 ed. Rio de Janeiro. ABES, 1995.

SANTOS, E. V. M. (2009) **Desnitrificação em Sistemas de Lodo Ativado**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB.

USEPA (2010). **Nutrient Control Design Manual**. Washington, D.C: United States Environmental Protection Agency.

VON SPERLING M., ANDRADE NETO C. O., VOLSCHAN JR, FLORENCIO, L. (2009). **Impacto dos nutrientes do esgoto lançado em corpos de água**. In Mota F. S. B., Von sperling M. (coordenadores) **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009 Cap. 2, p 26-51.

VON SPERLING M. (2002) **Lodos ativados**. Belo horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais.