



## AVALIAÇÃO DA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS: EPAR CAPIVARI II

### **Fabiano Villas Boas de Moura**

Engenheiro Ambiental (Faculdade de Americana – FAM, 2016). Atua como Técnico de Saneamento na Gerência de Operação de Esgotos da SANASA desde 2008.

**Endereço:** Avenida da Saudade, 500 – Ponte Preta - Campinas - SP - CEP: 13041-903 - Brasil -  
Tel: +55 (19) 3735-5590 - e-mail: fabiano\_vbm@yahoo.com.br.

### **RESUMO**

O nitrogênio é um elemento de suma importância para os seres vivos, porém as ações humanas aumentam sua disposição no solo e água, alterando seu ciclo natural e prejudicando a vida e o ambiente pelo seu excesso. Grande parte das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) existentes no país não possuem sistemas que possibilitem a sua remoção. Nesse sentido o presente trabalho relata uma avaliação da remoção do nitrogênio nas formas Amoniacal e NTK em uma Estação de Produção de Água de Reúso (EPAR), através do Tratamento de Esgoto, apresentando seus processos, fases e resultados. Demonstra também a importância dessa remoção para a melhoria da qualidade da água do corpo receptor.

**Palavras-chave:** Tratamento de esgoto, Nitrogênio, nitrificação, desnitrificação.

### **INTRODUÇÃO/OBJETIVOS**

No século passado em decorrência da industrialização, os recursos hídricos no Brasil sofreram grande degradação. Durante esse desenvolvimento boa parte da água disponível acabou se tornando imprópria para consumo. O aumento do consumo fez com que o ciclo natural da água na natureza se tornasse insuficiente. Com o objetivo de minimizar os poluentes presentes nas águas, deixando-os em níveis aceitáveis em relação à legislação vigente, antes de retorná-las aos corpos receptores, novas tecnologias para tratamento se fizeram necessárias a fim de reduzir essas contaminações e despejos abusivos.

A remoção de nitrogênio nos efluentes é de suma importância para a redução na eutrofização dos cursos hídricos, conseqüentemente para redução de danos causados à biota aquática. A forma



predominante do nitrogênio indica o estágio de poluição ocasionado pelo lançamento de poluentes a montante do ponto analisado.

Efluentes ricos em nitrogênio e outros nutrientes deixam o meio aquático mais propício ao crescimento de algas, causando eutrofização. Quando há descargas em grandes escala, esse processo se torna mais forte, causando prejuízos aos usos dessa água, alterando o sabor, odor, turbidez, cor da água, além da redução do oxigênio dissolvido, causando mortandade de peixes e outras espécies aquáticas, além de reduzir as condições para qualquer atividade de lazer nesta água.

O CONAMA em sua Resolução 430/11 (TEIXEIRA, 2011), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, limita em 20 mg/L o padrão para o nitrogênio amoniacal (Seção II da resolução), porém esse limite não se aplica para efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários (Seção III da resolução). Devido a isso a maior parte dos sistemas de tratamento existentes no Brasil visa a remoção de compostos orgânicos, não sendo projetados para remoção de nutrientes, gerando efluentes tratados com grandes cargas de compostos nitrogenados, estes lançados nos corpos receptores.

A Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A – SANASA, empresa responsável pelo saneamento básico no município de Campinas, na construção da EPAR Capivari II (Estação de Produção de Água de Reúso), optou pelo incremento da remoção de nutrientes em seu processo, o presente trabalho tem como objetivo descrever o processo para a remoção de nitrogênio e avaliar a eficiência a partir de resultados de análises realizadas no efluente bruto e no tratado, destacando o sistema de remoção do nitrogênio, desde a entrada do efluente na estação, processos e fases existentes no ciclo, até o retorno do esgoto já tratado para o corpo receptor. A Estação de Tratamento está localizada no município de Campinas/SP, e recebe o esgoto da região centro-oeste da cidade e pertence à Bacia hidrográfica do Rio Capivari.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A EPAR Capivari II tem capacidade instalada para tratar uma vazão média afluyente de 360 L.s<sup>-1</sup>. Atualmente a vazão média está em 280 L.s<sup>-1</sup>. Na fase final do projeto, essa vazão chegará a 725 L.s<sup>-1</sup> (EMA, 2010, p. 8). O efluente tratado é lançado no Rio Capivari que, segundo o Decreto Estadual nº 10.755 está enquadrado como classe 2 (SÃO PAULO, 1977).

Em relação à técnica empregada na estação, há um grande diferencial se comparado aos sistemas convencionais, pois foi escolhida a tecnologia do Biorreator a Membrana (MBR), que combina o processo aeróbio de lodo ativado com a ultrafiltração através de membranas. Essa tecnologia faz o tratamento obter uma eficiência de remoção de matéria orgânica (DBO –

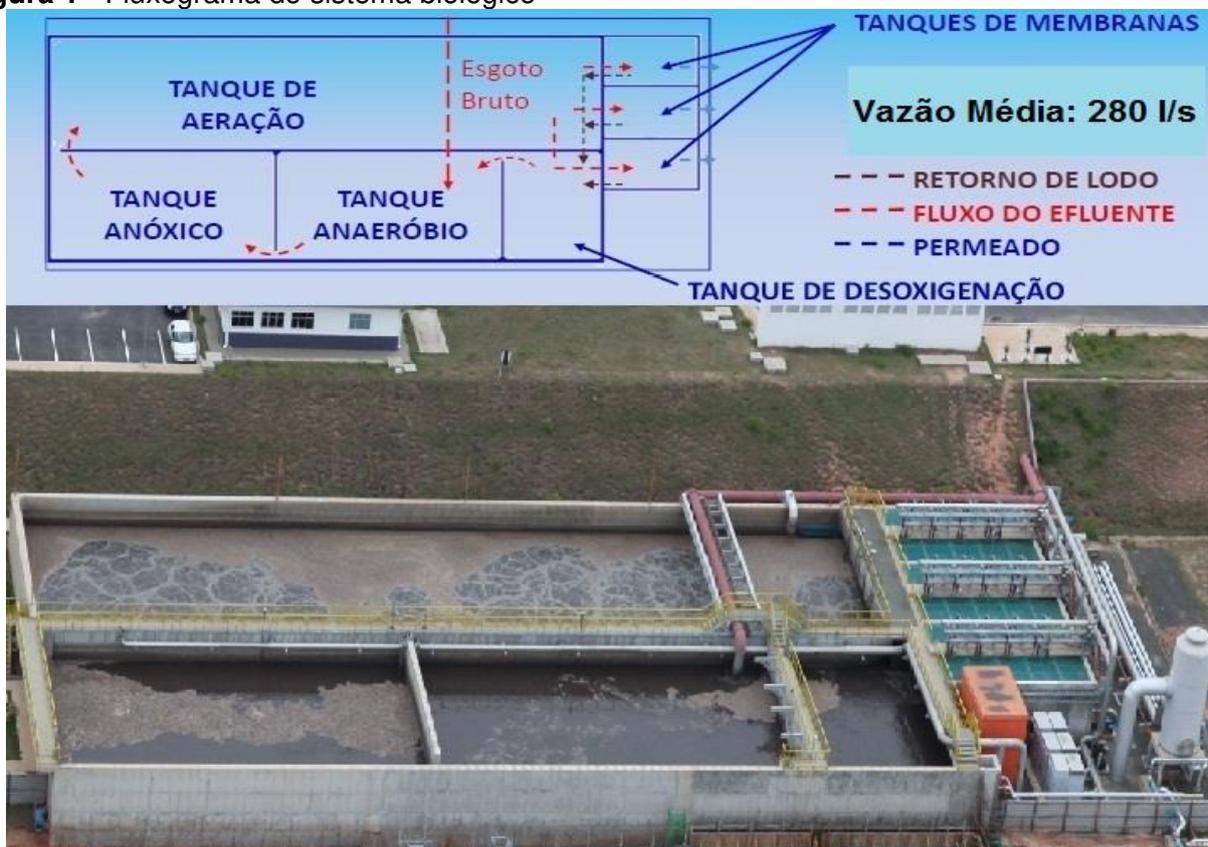


Demanda Bioquímica de Oxigênio) superior a 99%, nitrificação completa do nitrogênio amoniacal e desnitrificação do nitrogênio oxidado, além da remoção biológica de fósforo. É capaz de atingir o nível terciário do tratamento de esgoto, bem como os padrões determinados pela legislação ambiental vigente (EMA, 2010, p.14).

Com a excelente qualidade do esgoto tratado, é previsto que parte do mesmo seja utilizado como água de reúso pelas indústrias da região, a fim de reduzir a demanda de água potável, preservar os recursos hídricos e gerar receita com a venda. Considerando que o excesso será despejado no Rio Capivari, haverá um impacto ambiental altamente positivo, contribuindo para a melhora da qualidade da água do mesmo (EMA, 2010, p.14).

O sistema preliminar da EPAR é composto por grades mecanizadas com espaçamento de 15 mm, peneiras rotativas com abertura de 2 mm (circular), caixas de areias mecanizadas, responsável pela remoção de todo material grosseiro, fino e areia. Os resíduos são acondicionados em caçambas e encaminhados para aterros sanitários. O sistema biológico é composto pelas seguintes unidades: tanque de desoxigenação, tanque anaeróbico, câmara anóxica, tanque de aeração e tanques de membranas. Para desidratação do lodo descartado há um sistema mecanizado de centrifugas. (EMA, 2010, p.14).

**Figura 1** - Fluxograma do sistema biológico



Fonte: Adaptado de Rosseto (2015, p. 22).



**Tanque de desoxigenação:** Este tanque recebe por gravidade o lodo recirculado dos tanques de membranas, tendo por finalidade abaixar o OD (oxigênio dissolvido), antes de encaminhar o mesmo para o tanque anaeróbico, propiciando assim condições para ocorrer à remoção de nutrientes nos processos seguintes. Para que não ocorra sedimentação do lodo no tanque há instalado um misturador submersível (EMA, 2010, p.78).

**Tanque anaeróbico:** O objetivo nesta unidade é o de propiciar a retirada biologicamente do fósforo presente no efluente. Este tanque recebe o lodo recirculado vindo do tanque de desoxigenação e também o esgoto bruto proveniente do tratamento preliminar e encaminha para a câmara anóxica. Para que não ocorra a sedimentação do lodo no tanque e se obtenha a eficiência necessária, estão instalados dois misturadores submersíveis (EMA, 2010, p.79).

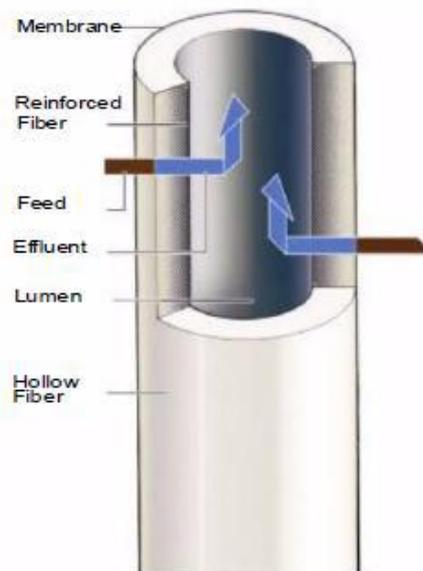
**Câmara Anóxica:** A câmara anóxica recebe proveniente da câmara anaeróbica o denominado licor misto, composto pelo lodo recirculado e esgoto bruto. Este licor deve apresentar elevada concentração de nitrato, propiciando assim o objetivo da unidade que é a remoção do nitrogênio através do processo de desnitrificação. Dois misturadores submersíveis são instalados no tanque para garantir a mistura completa do líquido. Em seguida o efluente desnitrificado é encaminhado para o tanque de aeração (EMA, 2010, p. 80).

**Tanques de aeração:** O tanque de aeração do tipo lodo ativado, tem por objetivo decompor a matéria orgânica e promover a nitrificação no efluente. Recebem o licor proveniente da câmara anóxica e fica a montante dos tanques de membranas (EMA, 2010, p.18).

**Tanques de membranas:** As membranas substituem os decantadores, flutuadores ou filtros de areia encontrados nas estações convencionais, porém com uma eficiência muito maior (RABASSA et al., 2013, p.4). Partículas relativamente grandes como bactérias e macromoléculas são removidas pela ultrafiltração. As membranas ZeeWeed 500D utilizadas na EPAR são do tipo fibra oca, com filtração de fora para dentro, possuem porosidade nominal de 0,04  $\mu\text{m}$ , superfície de filtração composta por uma membrana polimérica (PVDF) resistente e neutra, moldada na superfície externa de uma fibra suporte porosa como pode ser vista na Figura 2 (GE Water & Process and Technologies, 2011, p.11).



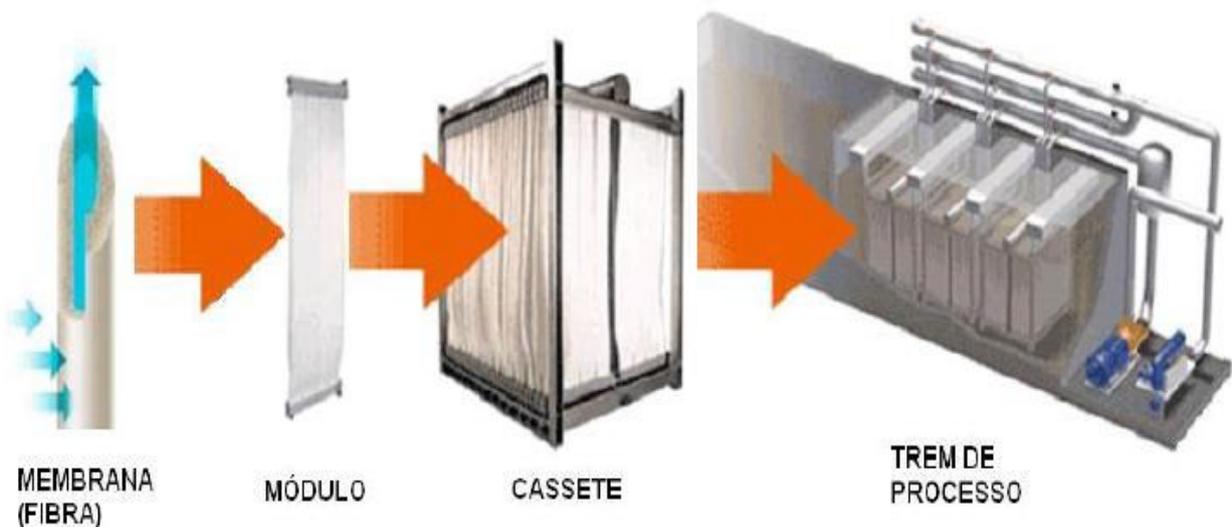
**Figura 2 - Fibra da membrana ZeeWeed**



Fonte: GE Water & Process e Technologies (2011, p.11).

Desta forma o liquor misto fica do lado externo das membranas e por sucção o efluente permeia as membranas gerando um efluente tratado de altíssima qualidade. Um grupo de fibras de formam um módulo de membranas, esses módulos de membranas são agrupados formando um cassete de membranas que agrupados constituem um trem de membranas - Figura 3 (GE Water & Process and Technologies, 2011, p. 5).

**Figura 3 - Membranas e seus agrupamentos**



Fonte: Rabassa et al. (2013, p. 11).



Para que a remoção biológica de nitrogênio aconteça, duas reações necessariamente têm que ocorrer, a nitrificação e a desnitrificação. A nitrificação é a conversão do nitrogênio amoniacal para nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). No efluente, a amônia é convertida por oxidação biológica a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) pelas bactérias nitrificadoras do grupo Nitrossomonas e na seqüência a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) pelo grupo de bactérias Nitrobacter. Esses dois grupos de bactérias são do tipo autotróficos, necessitam de oxigênio dissolvido e um pH neutro a levemente alcalino para que o processo da nitrificação seja eficiente (CHEIS, 2014, p.1). Já a desnitrificação necessariamente acontece em um ambiente sem oxigenação e com a presença de nitrato, ou seja, anóxico. O processo consiste na redução do nitrato a nitrogênio gasoso, microorganismos heterotróficos do tipo facultativo (ex: Pseudomonas, Micrococcus) são os responsáveis pela conversão. (SPERLING, 2005, p. 279).

### **Descarte de lodo e centrifugação**

Como em todo sistema biológico, há um controle de população de bactérias, através das análises de SST (Sólidos Suspensos Totais) e SSV (Sólidos Suspensos Voláteis) no tanque de aeração. Existe um controle diário para que os sólidos não aumentem. Portanto é retirado do tanque de desoxigenação através de bombas um volume estabelecido às 00:00 hs de cada dia, denominado lodo excedente. Este lodo é encaminhado para um tanque de acúmulo onde fica armazenado antes de ser enviado para centrifugação. Na centrífuga com o auxílio de um polímero (coagulante), este lodo é desidratado, ou seja, retirado parte do líquido contido nele, despejado em caçambas, sendo após encaminhado para os aterros sanitários devidamente licenciados (EMA, 2010, p.101).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para efeito de avaliação da eficiência na remoção de nitrogênio na forma de NKT e amoniacal, foram analisados os resultados das análises de esgoto bruto e tratado na estação no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017. As coletas compostas (24 horas, com alíquotas horárias) foram realizadas e encaminhadas para o laboratório próprio da empresa, onde foram realizadas as análises seguindo procedimentos do *Standard Methods* (APHA et AL., 2012).

Os dados e resultados obtidos durante os 3 anos de análise estão representados nas Tabelas 1 e 2 e nas figuras 4, 5 e 6, bem como as eficiências referente aos períodos.



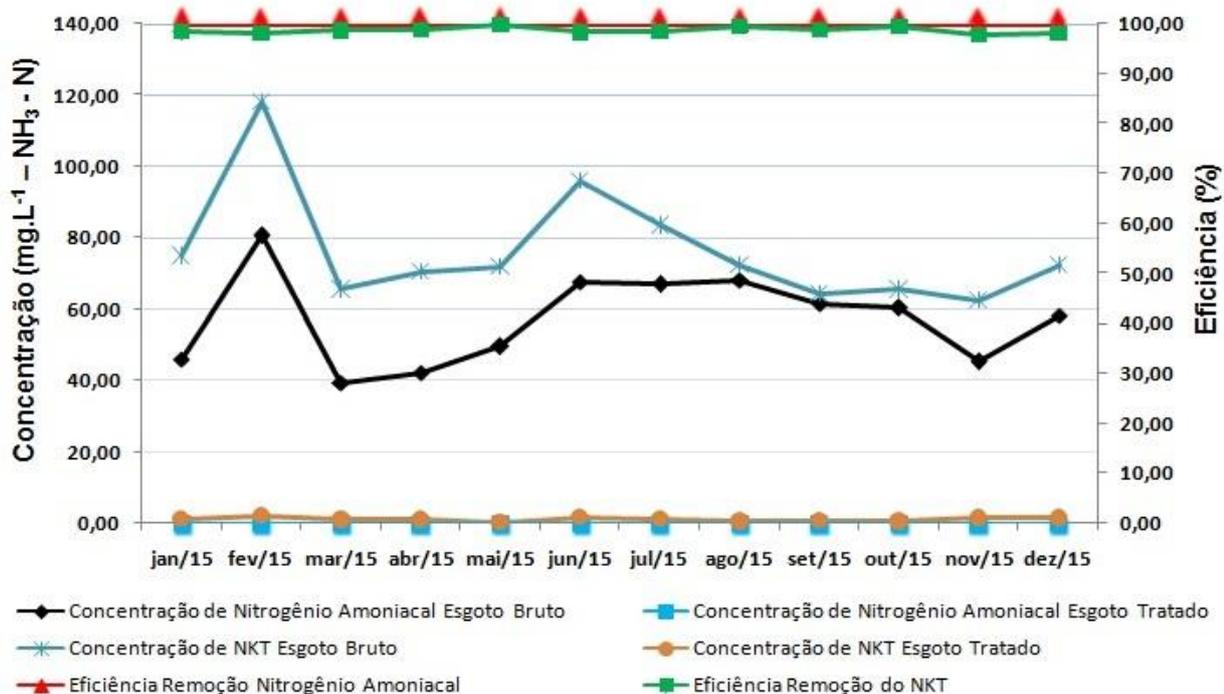
**Tabela 1** - Nitrogênio Amoniacal, média anual entrada, saída, eficiência e vazão média nos anos de 2015 á 2017

	Vazão Média (L/s)	Nitrogênio Amoniacal Média entrada (mg.L <sup>-1</sup> - N)	Nitrogênio Amoniacal Média saída (mg.L <sup>-1</sup> - N)	Média Eficiência (%)
2015	125,32	57,15	0,02	99,96
2016	173,81	49,94	0,05	99,89
2017	189,73	60,14	0,15	99,77

**Tabela 2** - Nitrogênio Total Kjeldahl, média anual entrada, saída, eficiência e vazão média nos anos de 2015 á 2017

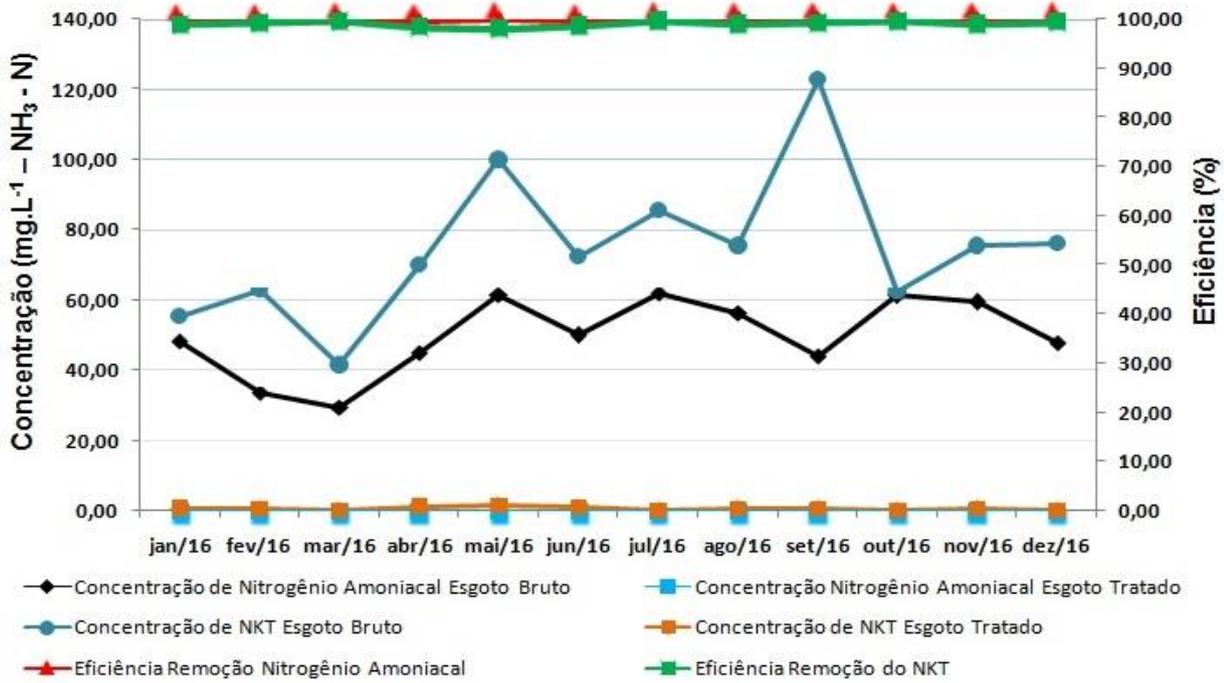
	Vazão Média (L/s)	Nitrogênio Total Kjeldahl Média entrada (mg.L <sup>-1</sup> - N)	Nitrogênio Total Kjeldahl Média saída (mg.L <sup>-1</sup> - N)	Média Eficiência (%)
2015	125,32	76,50	1,03	98,69
2016	173,81	75,04	0,61	99,39
2017	189,73	69,64	0,56	99,18

**Figura 4** - Concentrações e Eficiência da Remoção do Nitrogênio Amoniacal e Kjeldahl Total 2015

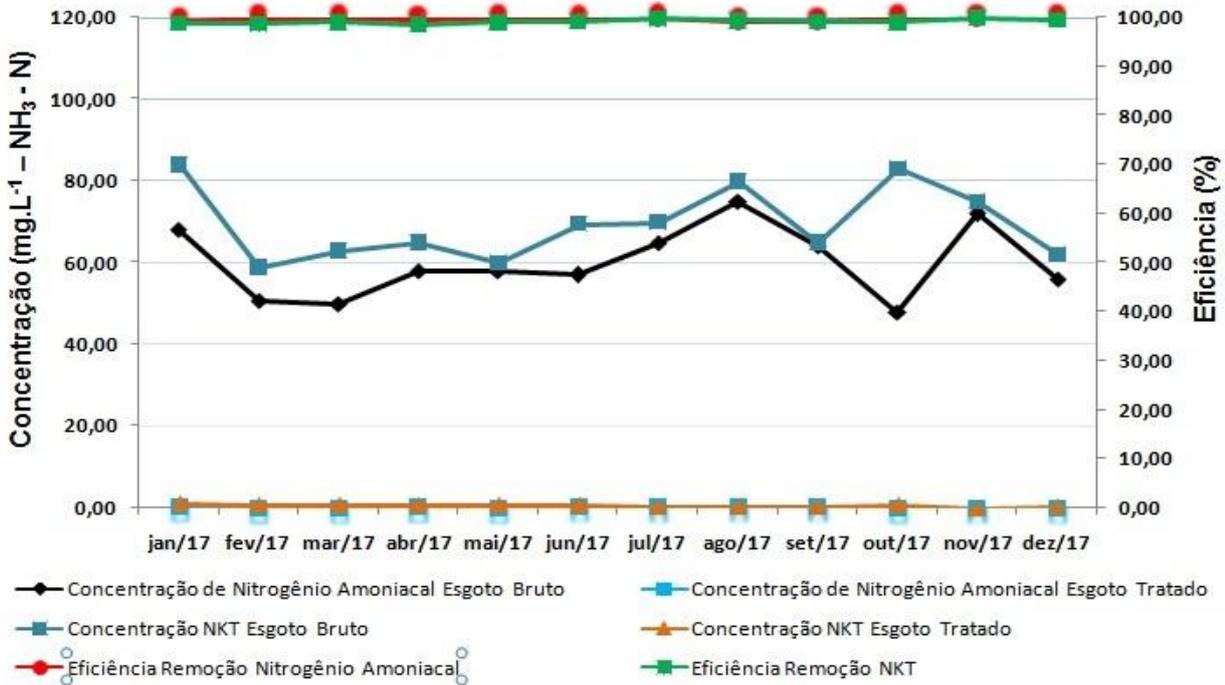




**Figura 5 - Concentrações e Eficiência da Remoção do Nitrogênio Amoniacal e Kjeldahl Total 2016**

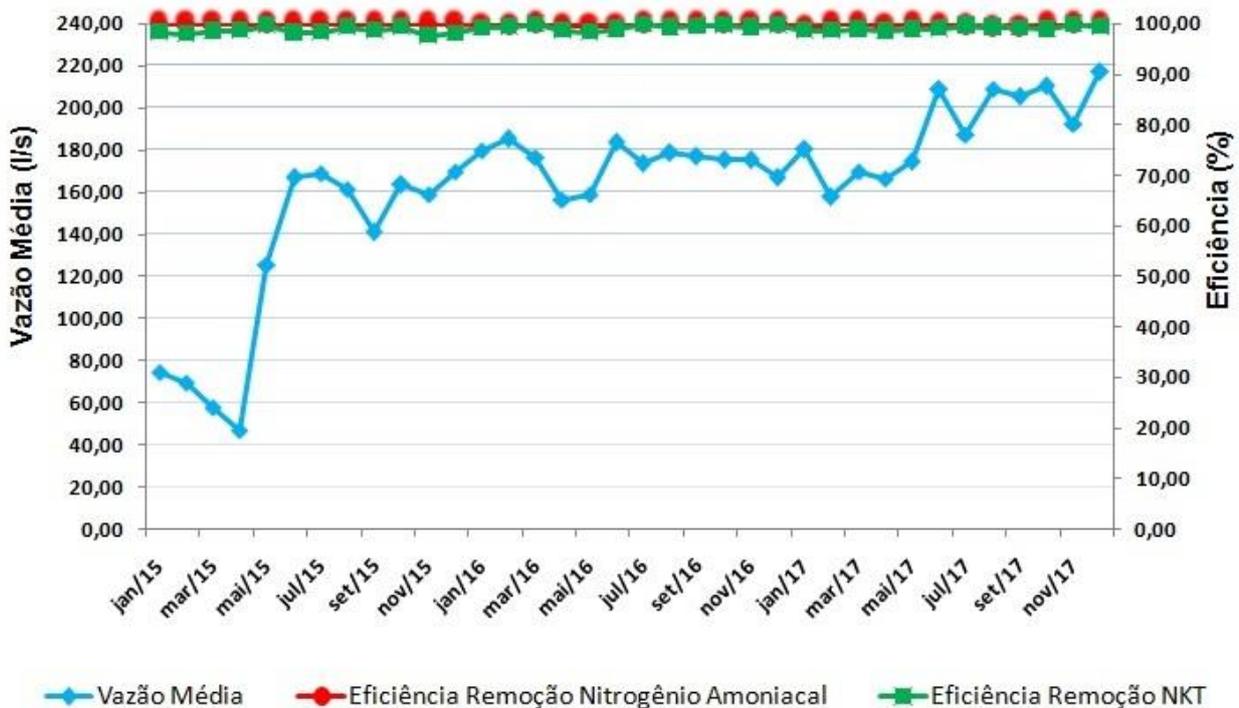


**Figura 6 - Concentrações e Eficiência da Remoção do Nitrogênio Amoniacal e Kjeldahl Total 2017**





**Figura 7 - Evolução Vazão Média Mensal, Eficiência da Remoção do Nitrogênio Amoniacal e Kjeldahl Total – Janeiro de 2015 a Dezembro de 2017**



Em relação à vazão média da EPAR, pode-se observar um significativo aumento a partir do mês de maio de 2015 e outro a partir de junho de 2017, em decorrência de novas ligações a coletores e emissários de esgoto e o início da operação de novas estações elevatórias de esgoto. Nas análises do efluente tratado, os resultados apresentam uma eficiência constante, sem grandes variações, mostrando que mesmo com as alternâncias dos valores de entrada, as mudanças climáticas do ano e o aumento da vazão afluente, o sistema se mantém eficaz na remoção do nitrogênio amoniacal, acima de 99% e no nitrogênio Kjeldahl total, acima de 98%, diminuindo expressivamente a quantidade desses compostos que seriam lançados no corpo receptor neste período.

## CONCLUSÃO

A estação ganha destaque pelo fato de ser projetada para a remoção de nutrientes, tendo unidades específicas para que ocorram estes processos, caracterizando-se como estação de tratamento de nível terciário;



Devido à tecnologia de MBR aplicada no sistema e seus pré-requisitos, a estação proporciona uma maior eficiência na remoção de matéria orgânica em termos de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio) e na remoção de Nitrogênio Amoniacal e Kjeldahl Total;

Para obter esse desempenho, é de fundamental importância destacar os investimentos feitos pela empresa, no que se referem à tecnologia, principalmente a mão de obra própria e especializada, composta por operadores Técnicos (Ambiental, químico e/ou saneamento) que fazem o monitoramento diário de todos os parâmetros do processo e funcionamento dos equipamentos, Engenheiros (Civil/Ambiental) que controlam toda a gestão do sistema, dando o suporte para a operação e acionando as manutenções sempre que necessário. Há também as equipes dos laboratórios (técnicos, químicos) que realizam todos os tipos de análises necessárias para o controle da eficiência da estação;

Portanto, mesmo não havendo parâmetro para o lançamento pela Resolução CONAMA 430/11 (TEIXEIRA, 2011), durante o período analisado obteve-se uma eficiência de remoção altamente elevada para o Nitrogênio Amoniacal e Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), evitando o lançamento de expressiva concentração diária de nitrogênio no Rio Capivari. Aliado com a alta eficiência na remoção da matéria orgânica gera-se um impacto ambiental altamente positivo para o corpo receptor e conseqüentemente para as cidades a jusante da estação.

## REFERÊNCIAS

- APHA / AWWA / WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22a ed. Whashington: American Public Health Association. 2012.
- CHEIS, D. Remoção de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, no tratamento de esgotos. Revista TAE. 2014. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/noticialnt.asp?id=7454>>. Acesso em: 01/02/2018
- EMA ENGENHARIA AMBIENTAL (2010) Projeto Executivo Hidráulico – Estação Produtora de Água de Reúso – EPAR – Sistema Capivari II, Revisão 3 (2010) Campinas, São Paulo.
- GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES (2011) Manual de Operação e Manutenção – Sistema Modular de Tratamento de Efluentes e Água ZeeWeed, Revisão 0.
- RABASSA, C. M.; CHAN, D. K.; REGIS, C.; FONSECA, T. S.; DE CASTRO, R. A. G.; TANAJURA, L. G. (2013). Estação Produtora de Água de Reúso de Grande Porte com Utilização de Membranas de Ultrafiltração - Tecnologia Empregada de Forma Pioneira no Tratamento de Esgoto Municipal na América Latina. PRÊMIO DESTAQUE 2013.



ROSSETO, R. Apresentação: Estação de Produção de Água de Reúso Capivari II. 2015.

Disponível em: <<http://hiria.com.br/html/FTEC/pdfs-link-temporario/Renato-Rossetto.pdf>.

Acesso em: 01/02/2018>.

SÃO PAULO (Estado). Assembléia Legislativa. Decreto nº 10.755 de 22 de Novembro de 1977.

Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no

Decreto 8.468 de 8 de Setembro de 1976 e da providências correlatas. Disponível em:

<<http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=153028>>. Acesso em 01/02/2018.

SPERLING, M. V. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: lodos ativados*. 2. ed.

ampl. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005

TEIXEIRA, Izabella. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA N° 430 de 13 de Maio de

2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera

a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-

CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>.

Acesso em 24/04/2018.