

# AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE NUTRIENTES, EM TRÊS SISTEMAS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

**Luênia Kaline Tavares DA SILVA (1); Mariana Albuquerque Galvão DE SOUZA (2); Adriana Dias Moreira PIRES (3); Karina da Silva LIMA (4); Bruno César Dias de ALBUQUERQUE (5); André Luis Calado ARAÚJO (6).**

- (1) Instituto Federal De Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte- IFRN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559, Tirol, Natal-RN, CEP 59015-000, e-mail: [lueniaKTdas00@hotmail.com](mailto:lueniaKTdas00@hotmail.com)
- (2) Instituto Federal De Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte- IFRN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559, Tirol, Natal-RN, CEP 59015-000, e-mail: [mariana\\_ags@hotmail.com](mailto:mariana_ags@hotmail.com)
- (3) Instituto Federal De Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte- IFRN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559, Tirol, Natal-RN, CEP 59015-000, e-mail: [dricinha\\_p@hotmail.com](mailto:dricinha_p@hotmail.com)
- (4) Instituto Federal De Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte- IFRN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559, Tirol, Natal-RN, CEP 59015-000, e-mail: [bruno.bcda@gmail.com](mailto:bruno.bcda@gmail.com)
- (5) Instituto Federal De Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte- IFRN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559, Tirol, Natal-RN, CEP 59015-000, e-mail: [iracema1910@hotmail.com](mailto:iracema1910@hotmail.com)
- (6) Instituto Federal De Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte- IFRN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559, Tirol, Natal-RN, CEP 59015-000, e-mail: [andre.calado@ifrn.edu.br](mailto:andre.calado@ifrn.edu.br)

## RESUMO

As lagoas de estabilização removem elevadas quantidades de matéria orgânica e microorganismos patogênicos, e, em menor escala nutrientes. Entretanto, a remoção destes pode ser beneficiada quando as lagoas são operadas corretamente, sobretudo nas lagoas de maturação. O presente trabalho tem como objetivo apresentar e avaliar a remoção de nutrientes em três sistemas de lagoas de estabilização no Rio Grande do Norte, com dados obtidos através das análises que compõem o projeto Avaliação operacional e da eficiência de lagoas de estabilização no estado do Rio Grande do Norte, fomentado com recursos da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Os três sistemas, ETE Ponta Negra, ETE Pipa e ETE Caiçara, possuem a mesma configuração, ou seja, tratamento preliminar, seguido por uma lagoa facultativa e por duas lagoas de maturação. As coletas foram realizadas durante os meses de maio de 2009 a abril de 2010, sendo analisados os seguintes parâmetros: pH, oxigênio dissolvido, fósforo total, ortofosfato solúvel, nitrogênio orgânico e amoniacal. A ETE Ponta Negra se mostrou mais eficiente quanto à remoção de ortofosfato solúvel, com 86%. Em relação à remoção de fósforo total, a ETE que obteve resultado mais significativo foi Pipa com o percentual de 30%. Em relação aos compostos nitrogenados, a ETE Ponta Negra, teve o melhor percentual de remoção para nitrogênio amoniacal (57%). Conclui-se que tais ETEs possuem a capacidade de remoção de nutrientes, com percentuais de remoção condizentes com a literatura.

**Palavras-chave:** tratamento de esgoto, lagoas de estabilização, remoção de nutrientes.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma grande deficiência no sistema de saneamento básico. Embora uma grande parte da população seja atendida pelo abastecimento de água (cerca de 97,7% dos municípios) a coleta de esgoto alcança o índice de 52,2% e desses apenas a parcela ínfima de 20,2% é tratado (IBGE, 2000). Na região Nordeste do Brasil, a proporção de municípios com serviço de esgotamento sanitário é de aproximadamente 42,9 %. Do volume de esgoto urbano coletado, apenas 13,3% é submetido a tratamento para remoção de poluentes e 65,8 % dos esgotos não tratado, é jogado nos rios (IBGE, 2000).

Segundo Silva Filho *et al* (2006), e Silva Filho (2007) no Rio Grande do Norte, a cobertura para o esgoto no estado é de 16,29%, e assim como predomina em todo o Brasil, em função das boas condições climáticas e baixo de custo de implantação e operação, o principal sistema utilizado para o tratamento de esgotos são as

lagoas de estabilização, sendo a tipologia formada por uma lagoa facultativa, seguidas por duas de maturação, a mais usada.

As lagoas de estabilização removem elevadas quantidades de matéria orgânica e microorganismos patogênicos, e, em menor escala nutrientes. Entretanto, a remoção destes pode ser beneficiada quando as lagoas são operadas corretamente, sobretudo nas lagoas de maturação. Dos nutrientes existentes nos processos de tratamento de esgotos sanitários merecem destaque o nitrogênio e o fósforo.

Segundo Von Sperling (2002) o fósforo se apresenta em esgotos domésticos principalmente na forma de fosfatos e fósforo orgânico, estando os fosfatos em maior quantidade. De todos os métodos existentes para o tratamento de águas residuárias, as lagoas de estabilização bem projetadas e operadas se mostram como potenciais alternativos para atingir eficiências significativas de remoção de fósforo. A remoção de fósforo pode ser maximizada dependendo das características físicas do sistema, por exemplo, Araújo (1993) e Araújo *et al.*, (1995) observaram maiores faixas de remoção em sistemas que apresentavam lagoas de maturação com profundidades inferiores a 1 metro.

Nos esgotos domésticos brutos, as formas predominantes de nitrogênio são o nitrogênio orgânico (39%) e a amônia (60%), (VON SPERLING, 2005). A parcela do nitrogênio, representada pela junção entre a amônia e o nitrogênio orgânico, pode ser dividida em uma fração solúvel (dominada pela amônia) e uma fração particulada (associada aos sólidos em suspensão orgânicos).

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos. Quando descarregados nas águas naturais conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, o que é chamado de eutrofização.

Com isso, o presente trabalho tem como objetivo apresentar e avaliar a remoção de nutrientes em três sistemas de lagoas de estabilização no Rio Grande do Norte, com dados obtidos através das análises que compõem o projeto Avaliação operacional e da eficiência de lagoas de estabilização no estado do Rio Grande do Norte, fomentado com recursos da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA).

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

O referente estudo foi desenvolvido em três sistemas de lagoas de estabilização em série, localizados no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Os três sistemas são compostos pela mesma configuração sendo, uma lagoa facultativa primária; seguidas por duas lagoas de maturação em série.

A primeira série de lagoas localiza-se na zona urbana da capital do Rio Grande do Norte, Natal, denominada por ETE Ponta Negra (Figura 01); seu funcionamento iniciou-se em 2001, tendo sido projetada para uma população de 33514 habitantes, equivalendo a uma vazão afluente de 8208 m<sup>3</sup>/dia. Já o segundo sistema de tratamento, ETE Pipa, localiza-se no município de Tibau do Sul (Figura 02), possuindo uma vazão de 2682,61 m<sup>3</sup>/dia, o correspondente a uma população de 17688 habitantes, tendo iniciado seu funcionamento em 2003. O terceiro sistema de tratamento, ETE Caiçara (Figura 03), localizada no município de Caiçara do Rio do Vento, 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. Os outros parâmetros construtivos de cada sistema estão presentes na tabela 01.

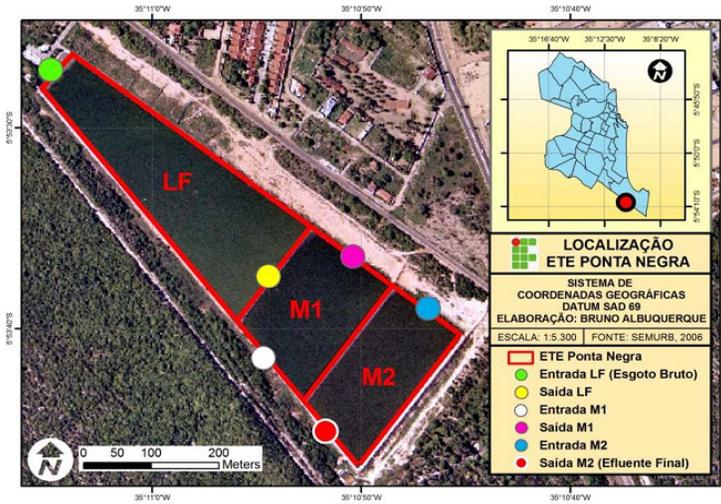


Figura 01 – Mapa de localização da ETE Ponta Negra e indicação dos pontos de coleta.

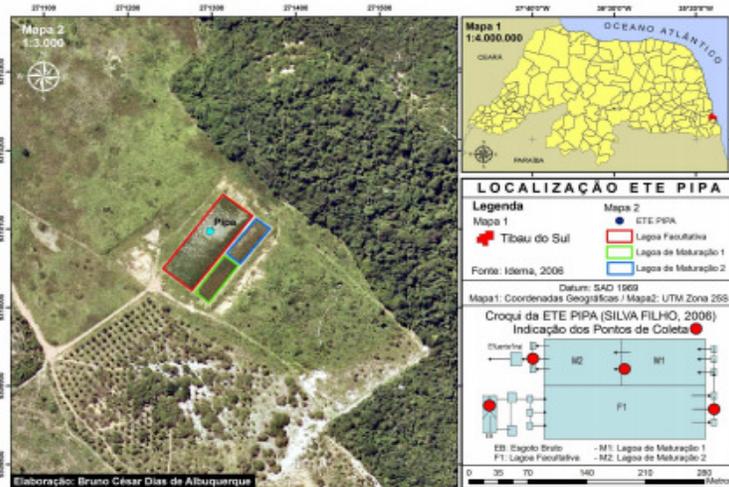


Figura 02 – Mapa de localização da ETE Pipa e indicação dos pontos de coleta.

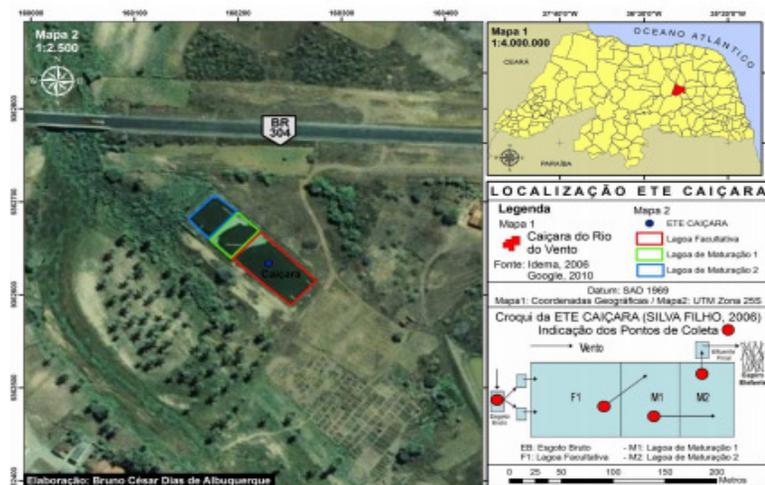


Figura 03 – Mapa de localização da ETE Caiçara e indicação dos pontos de coleta .

**Tabela 01- Características construtivas e de projeto das ETEs.**

Características de projeto	ETE Ponta Negra			ETE Pipa			ETE Caiçara		
	LFP	LM1	LM2	LFP	LM1	LM2	LFP	LM1	LM2
<b>Dados/tipo</b>	LFP	LM1	LM2	LFP	LM1	LM2	LFP	LM1	LM2
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	55.174	28.038	28.600	6.750	1.938	1.938	1.200	481	481
<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	110.348	42.057	42.900	13.500	2.907	2907	1.800	674	674
<b>Comprimento(m)</b>	445,5	196	234	114	119,20	119,20	48	24	24
<b>Largura (m)</b>	118	143	122	39	22,20	22,20	25	20	20
<b>Profundidade (m)</b>	2	1,5	1,5	2	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
<b>T.D.H (dia)</b>	18,9	7,2	7,3	8,03	3,27	3,27	13,30	5	5

\* LFP (lagoa facultativa primária), LM1 (primeira lagoa de maturação), LM2 (segunda lagoa de maturação)

Foram realizadas dez coletas nos três sistemas, durante os meses de maio do ano de 2009 ao mês de abril do ano de 2010, durante o período da manhã, entre 8h e 10h. Após as coletas as amostras foram destinadas ao Laboratório de Pesquisa Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Os parâmetros quantificados para este trabalho foram pH, oxigênio dissolvido, fósforo total, ortofosfato solúvel, nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico. Todos seguiram os procedimentos descritos em APHA *et al.* (2005).

### 3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

Os valores de pH observados para a ETE Ponta Negra não apresentaram variações significativas, apesar dos mesmos se mostrarem bem abaixo dos valores indicados na literatura, demonstrando que existem interferências que dificultam o aumento de pH nas lagoas, como por exemplo, as relacionadas a condições ambientais, referentes a ação dos ventos, sobrecarga orgânica etc; e também relacionadas a má condições operacionais da lagoa. O esgoto bruto apresentou uma média típica para esgotos domésticos, (7,3). Na ETE Ponta Negra, quanto aos níveis de Oxigênio Dissolvido (OD), constatou-se baixas concentrações, assim como os níveis de pH, o que já era esperado, devido a relação diretamente proporcional desse dois parâmetros no meio. É importante salientar que não foram quantificados os parâmetros OD para o esgoto bruto, já que se sabe das concentrações praticamente nulas de oxigênio no esgoto bruto (JORDÃO & PESSOA, 2005).

As concentrações de fósforo total e ortofosfato foram condizentes com aquelas típicas de esgotos domésticos, havendo uma maior remoção de fósforo total na lagoa facultativa. O acréscimo de fósforo ocorrido na primeira lagoa de maturação, 4,3 mg/L, ocorre devido ao carreamento do lodo flutuante para a segunda lagoa de maturação. Com isso, o sistema apresentou um percentual de remoção de apenas 15,6% para fósforo total.

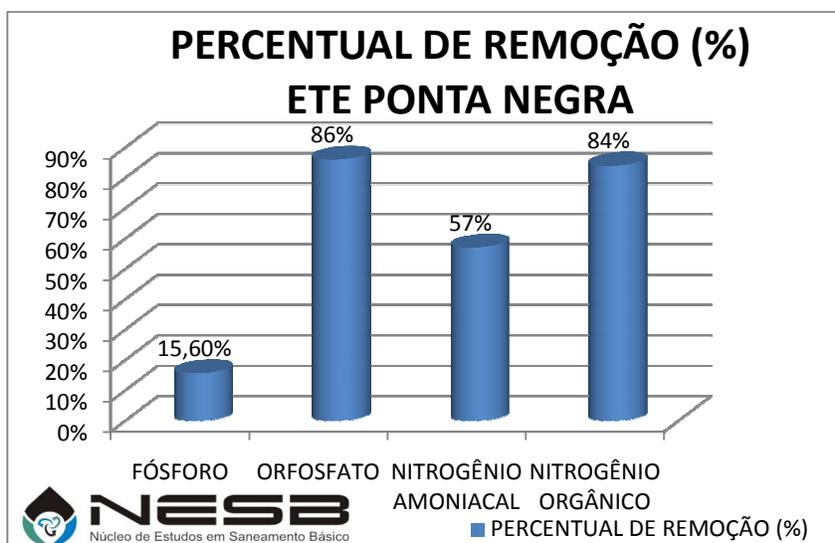
A menor concentração de ortofosfato ocorreu na lagoa facultativa, atingindo níveis de 0,5 mg/L, em virtude da presença de algas, pois a forma solúvel do fósforo compõe parte do material celular das algas (VON SPERLING, 2006). Essa concentração permaneceu a mesma na segunda lagoa de maturação. Dessa forma, a perda de ortofosfato na lagoa acontece devido à saída desse composto junto com a biomassa algal. A ETE Ponta Negra removeu, aproximadamente, 86% de ortofosfato solúvel.

A menor concentração de nitrogênio orgânico, ocorreu na segunda lagoa de maturação, em torno de 4,5 mg/L. Já em relação ao nitrogênio amoniacal, a menor concentração ocorreu também na segunda lagoa de maturação, 14,8 mg/L, devido ao mecanismo de volatilização da amônia livre (NH<sub>3</sub>). Com isso, a remoção média de nitrogênio orgânico e amoniacal, respectivamente, foi de 84% e 57%. A Tabela 02 apresenta os resultados obtidos para a ETE Ponta Negra durante o período estudado. O Gráfico 01 evidencia os percentuais de remoção da ETE Ponta Negra para fósforo total, ortofosfato, nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico.

**Tabela 02 – Valores médios e faixas de variação para os pontos amostrados na ETE Ponta Negra/Natal.**

Parâmetros	EB	LFP	LM1	LM2
pH	7,3 6,7 – 8,0	7,6 7,2 – 8,6	7,6 7,0 – 8,6	7,8 7,3 – 8,9
OD (mg/L)		1,4 0,6 – 2,3	2,1 1,7 – 2,5	2,9 2,4 – 3,5
Fósforo Total (mg/L)	5,1 3,2 – 7,1	3,6 2,6 – 5,0	4,3 2,6 – 5,7	4,3 2,6 – 7,2
Ortofosfato (mg/L)	3,8 2,3 - 5,5	0,5 0,06 - 3,3	0,4 0,001 - 3,0	0,5 0,02 - 1,8
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	28,0 0,55 – 83,5	5,8 0,27 – 21,4	6,7 0,27 – 18,3	4,5 0,54 – 13,2
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	34,9 17,3 – 50,6	16,1 7,1 – 23,4	16,5 7,1 – 23,4	14,8 2,0 – 26,4

\* EB (esgoto bruto), LFP (lagoa facultativa primária), LM1 (primeira lagoa de maturação), LM2 (segunda lagoa de maturação)



**Gráfico 01 - Percentual de remoção de Fósforo, Ortofosfato, Nitrogênio amoniacal e orgânico da ETE Ponta Negra.**

Para a ETE Pipa o pH do esgoto bruto foi relativamente menor que o da ETE Ponta Negra, mas ainda assim, permanece numa faixa típica de esgotos domésticos, 6,7 (JORDÃO & PESSOA, 2005). Quanto às concentrações de OD foram semelhantes às concentrações da ETE Ponta Negra. Em relação ao fósforo total, as concentrações foram um pouco mais elevadas que na ETE Ponta Negra. Novamente, ocorre uma queda na concentração da última lagoa, 4,9 mg/L, devido aos fatores ambientais já mencionados anteriormente (Tabela 03). Com isso, a ETE Pipa removeu cerca de 30% de fósforo total.

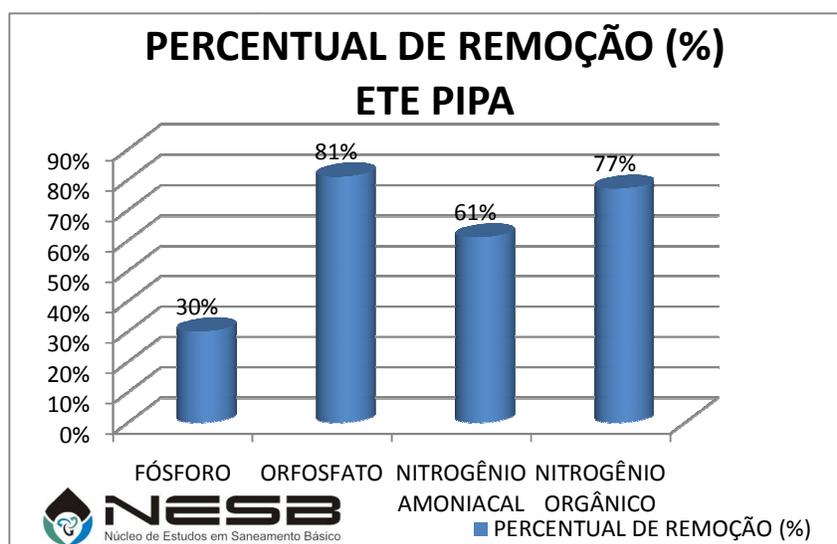
O ortofosfato do esgoto bruto apresentou-se com concentração de 5,9 mg/L, semelhante à ETE Ponta Negra, reduzindo significativamente (1,5 mg/L) na lagoa facultativa em virtude da presença das algas, pois as mesmas assimilam o ortofosfato solúvel e o incorporam em sua biomassa. Na segunda lagoa de maturação essa concentração reduziu para 1,1 mg/L, resultando numa eficiência total de remoção para ortofosfato de 81%.

A menor concentração de nitrogênio orgânico foi encontrada na segunda lagoa de maturação, com 14,9 mg/L. Com relação ao nitrogênio amoniacal, encontrou-se 19,3 mg/L para a segunda lagoa de maturação. O percentual de remoção foi de 77% para o nitrogênio orgânico e de 61% para o nitrogênio amoniacal. O Gráfico 02 evidencia os percentuais de remoção da ETE Pipa para fósforo total, ortofosfato, nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico.

**Tabela 03 – Valores médios e faixas de variação para os pontos amostrados na ETE Pipa/Tibau do Sul.**

Parâmetros	EB	LFP	LM1	LM2
pH	6,7 6,5 – 7,0	7,6 7,1 – 9,0	7,7 7,0 – 9,0	7,9 7,1 – 9,4
OD (mg/L)		1,4 0,5 – 2,3	1,6 0,7 – 2,5	3,0 2,1 – 3,9
Fósforo Total (mg/L)	7,3 1,7 – 11,3	5,3 2,7 – 7,5	5,3 1,8 – 7,8	4,9 2,0 – 7,7
Ortofosfato (mg/L)	5,9 0,8 – 9,7	1,5 0,01 – 4,6	1,6 0,003 – 2,9	1,1 0,001 – 2,9
Nitrogênio Orgânico(mg/L)	65,6 1,8 – 235,7	22,1 1,6 – 62,4	22,6 1,6 – 49,9	14,9 0,40 – 60,1
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	49,7 16,5 – 146,7	21,9 6,8 – 38,5	19,0 5,8 – 34,6	19,3 5,3 – 54,0

\* EB (esgoto bruto), LFP (lagoa facultativa primária), LM1 (primeira lagoa de maturação), LM2 (segunda lagoa de maturação)



**Gráfico 02 – Percentual de remoção de Fósforo, Ortofosfato, Nitrogênio amoniacal e orgânico da ETE Pipa.**

Para a ETE Caiçara o pH do esgoto bruto foi relativamente maior que o da ETE Pipa, mas ainda assim, permanece numa faixa típica de esgotos domésticos, 7,1 (JORDÃO & PESSOA, 2005). Quanto às concentrações de OD, os valores se apresentaram mais altos que nas ETES anteriores, onde na segunda lagoa de maturação, foi encontrado o valor médio de 4,7 mg/L, (Tabela 04). Em relação ao fósforo total, as concentrações foram um pouco mais elevadas que nas ETES anteriormente citadas, sobretudo os baixos índices de pH, resultaram na remoção de apenas 15% de fósforo total.

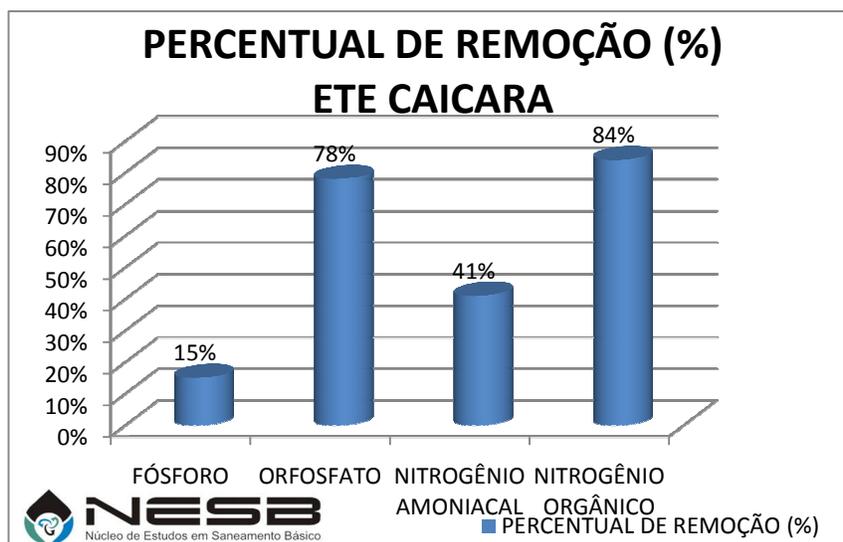
O ortofosfato do esgoto bruto apresentou-se com concentração de 5,7 mg/L, semelhante as ETES Ponta Negra e Pipa, reduzindo significativamente (0,6 mg/L) na lagoa facultativa em virtude novamente da atividade fotossintética e por consequência da assimilação do composto pela biomassa. Assim, a eficiência média de remoção de ortofosfato solúvel foi de 78%.

O nitrogênio orgânico e amoniacal apresentou menor concentração na segunda lagoa de maturação, com respectivamente, 8,9 mg/L e 27,7 mg/L. A remoção média para nitrogênio orgânico foi de 84% e para nitrogênio amoniacal de aproximadamente 41%. O Gráfico 03 evidencia os percentuais de remoção da ETE Caiçara para fósforo total, ortofosfato, nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico.

**Tabela 04 – Valores médios e faixas de variação para os pontos amostrados na ETE Caiçara/Caiçara do Rio do Vento.**

Parâmetros	EB	LFP	LM1	LM2
pH	7,1 6,6 – 7,3	7,8 7,3 – 8,3	7,6 7,1 – 8,0	7,8 7,3 – 8,4
OD (mg/L)		2,2 0,4 – 5,3	3,0 0,3 – 6,7	4,7 1,9 – 7,2
Fósforo Total (mg/L)	9,3 5,7 – 11,8	7,2 3,1 – 10,3	7,2 1,2 – 11,9	7,9 0,3 – 16,4
Ortofosfato (mg/L)	5,7 1,1 – 7,9	0,6 0,001 – 3,2	0,9 0,002 – 3,7	1,2 0,1 – 2,6
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	57,9 2,0 – 154,9	22,2 3,0 – 76,4	18,1 4,0 – 55,0	8,9 3,0 – 20,3
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	47,5 23,4 – 80,2	29,4 22,2 – 36,9	28,7 23,9 – 36,6	27,7 22,9 – 31,5

\* EB (esgoto bruto), LFP (lagoa facultativa primária), LM1 (primeira lagoa de maturação), LM2 (segunda lagoa de maturação)



**Gráfico 03 – Percentual de remoção de Fósforo, Ortofosfato, Nitrogênio amoniacal e orgânico da ETE Caiçara.**

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os três sistemas de lagoas de estabilização estudados são capazes de remover nutrientes fosforados e nitrogenados. A ETE Ponta Negra se mostrou mais eficiente quanto à remoção de ortofosfato solúvel, com 86%, enquanto as ETES Pipa e Caiçara, removeram cerca de 81% e 78% respectivamente. Em relação à remoção de fósforo total, a ETE que teve resultado mais significativo foi Pipa com o percentual de 30%. Já as ETES Ponta Negra e Caiçara removeram cerca de 15% cada, devido principalmente aos baixos níveis de pH e OD, e por consequência, tendo condições menos favoráveis à precipitação dos fosfatos e assimilação do ortofosfato pela biomassa algal..

Em relação aos compostos nitrogenados, a ETE Ponta Negra, teve o melhor percentual de remoção para nitrogênio amoniacal, 57%, contudo as ETES Pipa e Caiçara, também apresentaram eficiências de remoção previstas na literatura, sendo 61% e 41%, respectivamente. Considerando a remoção de nitrogênio orgânico a ETE que apresentou pior desempenho foi Pipa, com 77%, já que as ETES Ponta Negra e Caiçara, removeram ambas 84%.

É importante ressaltar que todas as lagoas, em relação ao fósforo total, apresentaram baixas eficiências de remoção, pois segundo Von Sperling (2006), em lagoas de maturação, a remoção de fósforo pode aproximar-se de 90%, e conforme avaliado, nenhum dos três sistemas estudados se aproximaram desse valor de remoção.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21ed. Hardcover. 2005. 1368p.

ARAÚJO, A L.C., 1993. **Comportamento de formas de fósforo em Sistemas de Lagoas de Estabilização em Escala Piloto sob Diferentes Configurações Tratando Esgotos Domésticos**. Dissertação de Mestrado, UFPB. Campina Grande.

ARAÚJO, A.L.C.; SILVA, S.A.; DE OLIVEIRA, R.; DE OLIVEIRA, R.E.; SOARES, J.; PEARSON, H.W.; MARA, D.D. **Remoção de fósforo em um sistema de lagoas de estabilização com diferentes configurações e características operacionais**. Anais do 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Disco 2, ABES - Salvador, BA. 1995.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acessado em: 02/05/2010.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos** - 4 ed. Rio de Janeiro. ABES, 2005.

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

SILVA FILHO, P. A. et al. **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.

VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização**. 2. ed. rev. e atual. Belo Horizonte: UFMG/DESA, 2002.

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