

## II-019 - APLICABILIDADE DO LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA BOLONHA PARA REMOÇÃO DE ORTOFOSFATO DE ESGOTO DOMÉSTICO – AVALIAÇÃO PRELIMINAR

**Ana Renata Abreu de Moraes<sup>(1)</sup>**

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA).

**Camila Araújo Paiva**

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Passagem Abaeté; Travessa Fé em Deus, 3225 - Pedreirinha - Marituba - PA - CEP: 67200-000 - Brasil - Tel: (91) 3256-8486 - e-mail: [anarenata1984@hotmail.com](mailto:anarenata1984@hotmail.com)

### RESUMO

Atualmente a qualidade da água vem sofrendo constates reduções por inúmeras razões, como a poluição causada por lançamentos de esgotos domésticos e resíduos das Estações de Tratamento de Água (ETA). O presente trabalho foi desenvolvido com intuito de analisar de forma pontual a aplicabilidade do lodo da ETA Bolonha na remoção de ortofosfato presente no esgoto da Estação de Tratamento Sideral, e verificar a variação dos parâmetros: turbidez, cor aparente e pH. As análises laboratoriais foram divididas em três fases, I- caracterização do esgoto bruto (EB) e do esgoto tratado (ET); II- caracterização do lodo e III- ensaio de coagulação utilizando *jar-teste*. Os ensaios foram realizados com diferentes dosagens de lodo em porcentagem v/v, para observar a remoção de ortofosfato. Constatou-se que o nível de remoção sofre interferência conforme a dosagem de lodo. A máxima remoção alcançada foi aproximadamente de 100% para dosagem 10% para o EB e ET, a mínima foi de 41,5% para o ET com dosagem 40%. O parâmetro turbidez apresentou remoção para o EB, ocorrendo diminuição de 47% e 11,2% utilizando respectivamente as dosagens 10% e 20% de lodo. O parâmetro cor aparente apresentou remoção para EB de 15% e ET de 30% utilizando dosagem 10% de lodo. Já o pH não interferiu na remoção de ortofosfato.

**PALAVRAS-CHAVE:** Remoção de Ortofosfato, Lodo de ETA, Esgoto Doméstico.

### INTRODUÇÃO

A água se constitui como elemento essencial para os seres vivos, imprescindível em inúmeras atividades humana e vital para o equilíbrio do meio ambiente, mesmo assim sua qualidade é constantemente ameaçada por diversas atividades humanas. Devido à baixa qualidade dos corpos hídricos atualmente, passou-se a aplicar um tratamento mais eficaz nas Estações de Tratamento de Água (ETA) à base de produtos químicos. Mas o acréscimo dessas concentrações de produtos químicos acende um novo problema sanitário ambiental, o aumento de resíduo (lodo) proveniente principalmente de processos de decantação.

A disposição inadequada do lodo proveniente dos decantadores e filtros nos corpos d'água trazem riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Alguns exemplos podem ser citados, como: alteração significativamente da biota aquática, degradação da qualidade das águas, aumento da quantidade de sólidos, assoreamento, aumento de cor, turbidez, concentrações de metais. Ao mesmo tempo existe o problema dos despejos de esgoto doméstico nos corpos hídricos que contribuem de forma significativa para degradação do meio aquático.

Muitos corpos hídricos da região metropolitana de Belém (RMB) apresentam perda progressiva da qualidade de suas águas em razão do aporte de esgoto doméstico e de efluentes que recebem diariamente. Tanto o esgoto doméstico, como os efluentes das ETES são ricos em nutrientes como fósforo. Estes podem ser encontrados na forma orgânica, inorgânica complexa os chamados polifosfatos e inorgânico solúvel que são os ortofosfatos, produto final no ciclo do fósforo, sendo que é nesta forma que ele pode ser assimilado pelos microorganismos.

O acúmulo de nutrientes nos lagos ou represas, chegando ultrapassar a capacidade de assimilação do corpo d'água, eleva o crescimento das populações de algas e outras plantas, este fenômeno é conhecido como eutrofização. Além disso, algumas espécies de algas produzem toxinas que contaminam as fontes de água

potável. Sendo considerado pelo ponto de vista do saneamento ambiental como um dos maiores problemas de poluição dos corpos d'água, sendo de fundamental importância seu controle e prevenção.

Buscando soluções para controlar e/ou prevenir os grandes problemas causados pela presença de ortofosfato nos mananciais, o presente trabalho faz um estudo sobre a possibilidade de utilizar o lodo da ETA Bolonha para remover ortofosfato dos esgotos bruto e/ou tratado da ETE sideral, ambas localizadas na RMB.

A possibilidade de empregar o lodo produzido no tratamento de água para tratar esgoto doméstico se apresenta como uma alternativa tecnológica para dar destino ao lodo em consonância com o compromisso ambiental. Além de contribuir economicamente no tratamento de esgoto, devido as ETE's da RMB terem sido projetadas para desempenharem apenas o tratamento primário e secundário, visto a necessidade de elevados investimento para a implantação de um pós-tratamento que alcance a remoção de nutrientes tais como o fósforo.

## **OBJETIVO GERAL**

Utilização de lodo da estação de tratamento de água Bolonha para remoção de ortofosfato de esgoto doméstico da estação de tratamento de esgoto Sideral.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Verificar a eficiência de remoção de ortofosfato em esgoto doméstico;
- Estudar o comportamento da cor e turbidez durante a aplicação do lodo;
- Caracterizar o lodo da ETA quanto às características físico-químicas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O lodo utilizado no estudo foi coletado na Estação Convencional de Tratamento de Água Bolonha localizada na Região Metropolitana de Belém (RMB). Normalmente a remoção manual de lodo de cada decantador ocorre de 15 em 15 dias realizada através da abertura de registros de fundo. Sendo que não existe nenhum sistema de tratamento antes da disposição final desses resíduos, o qual é lançado no curso d'água próximo ao manancial de abastecimento.

De acordo com a pesquisa realizada por Machado *et al* ( 2002) o volume total descarregado em cada decantador durante a operação de lavagem é de 3417m<sup>3</sup>, sendo 2912m<sup>3</sup> de massa líquida (volume útil) e 505m<sup>3</sup> de lodo. Como a ETA possui seis unidades de decantação, mensalmente são realizadas 12 lavagens, o que totaliza 41.004m<sup>3</sup> de resíduos gerados, sendo 34.944m<sup>3</sup> de água parcialmente tratada e 6061m<sup>3</sup> de lodo. Este valor corresponde a 0,4 % do volume mensal de água tratada na estação.

A coleta do lodo foi realizada através da abertura de registros de fundo do decantador, utilizando-se um recipiente de polietileno, sendo posteriormente transferido para garrafas plásticas de dois litros e depois encaminhado ao laboratório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA).

O esgoto utilizado no estudo foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto Sideral, também localizada RMB. Atualmente a estação inclui tratamento preliminar (gradeamento e desarenação em escoamento horizontal) e tratamento biológico (reator anaeróbio de manta de lodo – UASB). As amostras de esgoto foram coletadas na entrada da ETE (afluente) e na saída do reator UASB (efluente). As coletas foram realizadas no período da manhã, armazenadas em recipientes de polietileno de um litro e preservadas em caixas isotérmicas contendo gelo para acondicionamento até a entrada do laboratório IFPA.

O desenvolvimento prático das análises físico-químicas foi realizado no Laboratório de Tratamento de Água e Esgoto do Departamento de Tecnologia em Saneamento Ambiental do IFPA.

Para realização da pesquisa foram previstas três fases experimentais descritas a seguir:

### Fase I: Caracterização do EB e do ET

Com a finalidade de estabelecer valores para os parâmetros utilizados na Fase I, foram coletadas amostras para determinação laboratorial das características físico-químicas do EB e ET. Os parâmetros analisados foram pH, cor aparente, ortofosfato e turbidez.

### Fase II: Caracterização do Lodo

De acordo com as características da ETA Bolonha, os resíduos são produzidos em duas etapas do processo: na lavagem dos decantadores e dos filtros. O lodo utilizado no estudo foi oriundo do decantador. A caracterização do lodo foi realizada com o intuito de compará-lo com as características dos lodos provenientes de ETAS que utilizam sulfato de alumínio como coagulante, uma vez que a ETA-Bolonha utiliza atualmente o ploricloreto de alumínio. No entanto, por falta de estrutura do laboratório do IFPA não foi possível verificar a concentração de alumínio no lodo. Os parâmetros analisados foram pH, cor aparente, ortofosfato e turbidez.

### Fase III: Ensaio de Coagulação

Os ensaios experimentais de remoção de ortofosfato nos EB e ET da ETE Sideral por processos coagulação foram conduzidos em aparelho de jarro (jar-test), empregado o lodo da ETA Bolonha com diferentes percentagens (v/v). Primeiramente foram definidas as percentagens v/v de lodo e em seguida cada jarro foi completado com esgoto (EB e/ou ET) até atingir o volume total de 500 mL, como demonstra a relação a seguir:

Jarro 1 a 10% → 50 mL de lodo, completados com esgoto;

Jarro 2 a 20% → 100 mL de lodo, completados com esgoto;

Jarro 3 a 30% → 150 mL de lodo, completados com esgoto;

Jarro 4 a 40% → 200 mL de lodo, completados com esgoto;

Jarro 5 a 50% → 250 mL de lodo, completados com esgoto.

Utilizaram-se diferentes agitações, inicialmente a rotação do sistema de *jar-test* foi ajustada para agitação rápida num período pré-estabelecido, decorrido esse tempo, reajustada para uma agitação lenta e posteriormente o conteúdo dos jarros deixados em repouso para sedimentação. Foram realizadas duas baterias de ensaios, totalizando 10 testes de jarros. O experimento operou com:

- a) Agitação rápida, por 2 minutos a 150 RPM;
- b) Agitação lenta, por 30 minutos a 30 RPM;
- c) Período de sedimentação, por 30 minutos.

Ao término do experimento foram coletadas amostras do sobrenadante e verificadas as variáveis; ortofosfato, cor, turbidez e pH. Realizadas avaliações sobre a influência da adição do lodo nos esgotos estudados, comparando os resultados com dados da literatura.

A figura 1 apresenta uma fotografia do ensaio em *jar-test* no período em que lodo e esgoto estão em mistura completa e a figura 2 o momento da sedimentação.



Figura 1: Ensaio em *jar-test*, mistura completa dos conteúdos dos jarros.



Figura 2: Ensaio em *jar-test* período de sedimentação.

Os métodos utilizados neste trabalho seguiram os procedimentos recomendado pelo “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 1999). Na tabela 1 estão relacionados os métodos e equipamentos utilizados na pesquisa.

Tabela 1 – Métodos e equipamentos utilizados.

Parâmetro	Unidade	Método	Equipamento
pH	-----	Potenciométrico	pH-metro Quimis
Turbidez	NTU	Nefelométrico	Turbidímetro
Cor aparente	UC	Padrão de platina-cobalto	Spectrophotometer HACH DR 2010
Ortofosfato	mgP/L	Colorimétrico do ácido ascórbico	Spectrophotometer HACH DR 2010

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### FASE I: CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO BRUTO (EB) E TRATADO (ET)

Os valores obtidos nas análises relacionadas à Fase I estão detalhados na tabela 2 a seguir.

**Tabela 2: Características físico-químicas do esgoto bruto e tratado da ETE Sideral.**

Parâmetro	Unidade	EB	ET
pH	-----	6,06	6,60
Turbidez	NTU	86,70	26,10
Cor	UC	920	990
Ortofosfato	mgP/L	11,20	15,40

A partir dos resultados obtidos na caracterização das amostras de esgoto verificou-se que o pH foi de 6,06 para o EB e 6,60 ET. De acordo com Marguti *et al* (2008), a remoção de fósforo por processos de precipitação química acontecem de forma eficiente em uma larga faixa de pH, entre 5 a 8.

O parâmetro turbidez se apresentou alto nos dois esgotos analisados de 86,70 NTU para EB e 26,10 NTU no ET, pois a variação de turbidez tem relação com a quantidade de sólidos em suspensão, sua origem está associada a compostos tóxicos, e também por organismos patogênicos, o lançamento de efluentes com altos teores de turbidez nos corpos d'água podem reduzir a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese (VON SPERLING, 2005).

Valores elevados encontrados para a cor aparente condizem a esgotos de outras ETE's.

A concentração de ortofosfato no EB foi bastante expressiva cerca de 11,20 mgP/L, o qual se elevou após o tratamento para 15,40 mgP/L. De acordo com Von Sperling (2005), o nível de fósforo presente em esgoto doméstico varia em função dos usos à qual a água foi submetida, sendo que os usos sofrem alteração conforme o clima, a situação social, econômica da população, e também pelos hábitos locais existentes, como o grande consumo de detergentes.

### FASE II: CARACTERIZAÇÃO DO LODO DA ETA BOLONHA

Na tabela 3 a seguir são apresentados os valores das análises obtidas.

**Tabela 3: Características físico-químicas do lodo da ETA Bolonha.**

Parâmetro	Unidade	Lodo ETA-Bolonha
pH	-----	6,26
Turbidez	NTU	2.710
Cor	UC	89.000
Ortofosfato	mgP/L	90

De acordo com Chao (2007), o pH em lodos de ETA's encontra-se normalmente numa faixa entre 5,8 e 7,6, de modo que esses valores condizem com o pH determinado para o lodo da ETA Bolonha. Segundo Von Sperling (2005), a variação do pH influencia a estabilização de compostos químicos e sua origem pode se dá por absorção de gases da atmosfera e oxidação da matéria orgânica.

A cor aparente do lodo foi de 89.000 u. C. esse valor alto é justificada pela má qualidade da água bruta, que na maioria das vezes apresenta grandes quantidades de matéria orgânica e inorgânica.

A turbidez determinada para o lodo da ETA Bolonha foi de 2.710 NTU. Segundo Chao (2007), as grandes faixas de variação desse parâmetro estão relacionadas às características da água bruta e a influência dos períodos chuvosos. Sendo notável um elevado aumento na turbidez devido ao escoamento superficial provocado pelas chuvas e sua redução em período de estiagem.

A concentração de ortofosfato presente no lodo foi de 90mgP/L. As grandes variações de fósforo no lodo de ETA podem ser resultantes do tempo de permanência do lodo no decantador no período da coleta das amostras (CHAO, 2007).

### **FASE III: ENSAIO DE COAGULAÇÃO**

Na Tabela 4 serão apresentados os valores das análises obtidas para a Fase III - utilizando esgoto bruto.

**Tabela 4: Valores obtidos após o ensaio de coagulação utilizando EB.**

	<b>Dosagem de Lodo % (V/V)</b>	<b>pH</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>Cor Aparente (U C)</b>	<b>Ortofosfato (mgP/L)</b>
EB	-----	6,06	86,70	920	11,20
Jarro <sub>1</sub>	10	6,50	46,0	780	A F
Jarro <sub>2</sub>	20	6,50	77,0	1050	A F
Jarro <sub>3</sub>	30	6,50	105,0	1360	1,1
Jarro <sub>4</sub>	40	6,60	155,0	2540	A F
Jarro <sub>5</sub>	50	6,04	178,0	16600	3,0

A F = Abaixo da Faixa

Os resultados obtidos para o parâmetro ortofosfato o qual utilizou EB, mostram para dosagens de 10, 20 e 40% de lodo, foi possível alcançar remoção quase 100%. Já para dosagem de 30% a eficiência de remoção foi 90,2%. A remoção mínima ocorreu para dosagem 50% que removeu 73% do ortofosfato presente no afluente.

Na Tabela 05 a seguir são apresentados os valores obtidos para as análises relacionadas à Fase III - utilizando esgoto tratado.

**Tabela 05: Valores obtidos após o ensaio de coagulação utilizando ET.**

	<b>Dosagem de Lodo % (V/V)</b>	<b>pH</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>Cor Aparente (U C)</b>	<b>Ortofosfato (mgP/L)</b>
ET	-----	6,60	26,10	990	15,40
Jarro <sub>1</sub>	10	6,20	48,0	690	0,1
Jarro <sub>2</sub>	20	6,30	73,0	1160	A F
Jarro <sub>3</sub>	30	6,40	77,0	1340	A F
Jarro <sub>4</sub>	40	6,50	915	9200	9,0
Jarro <sub>5</sub>	50	6,10	4000	7300	A F

A F = Abaixo da Faixa

Os resultados do ensaio utilizando ET apontam que para dosagens de 10, 20, 30 e 50% de lodo, foram observadas remoções de ortofosfato próximo de 100 %. Para dosagem a 40%, a remoção foi de 41,5% de ortofosfato. Chao (2007), em seu estudo verificou eficiência de remoção de 100% de fósforo no efluente da ETE Barueri utilizando lodo da ETA da Alto Cotia ambas localizadas na Região Metropolitana de São Paulo.

A figura 3 apresenta os resultados obtidos no ensaio para o ortofosfato, de modo comparar a eficiência de remoção do lodo nos esgotos utilizados.



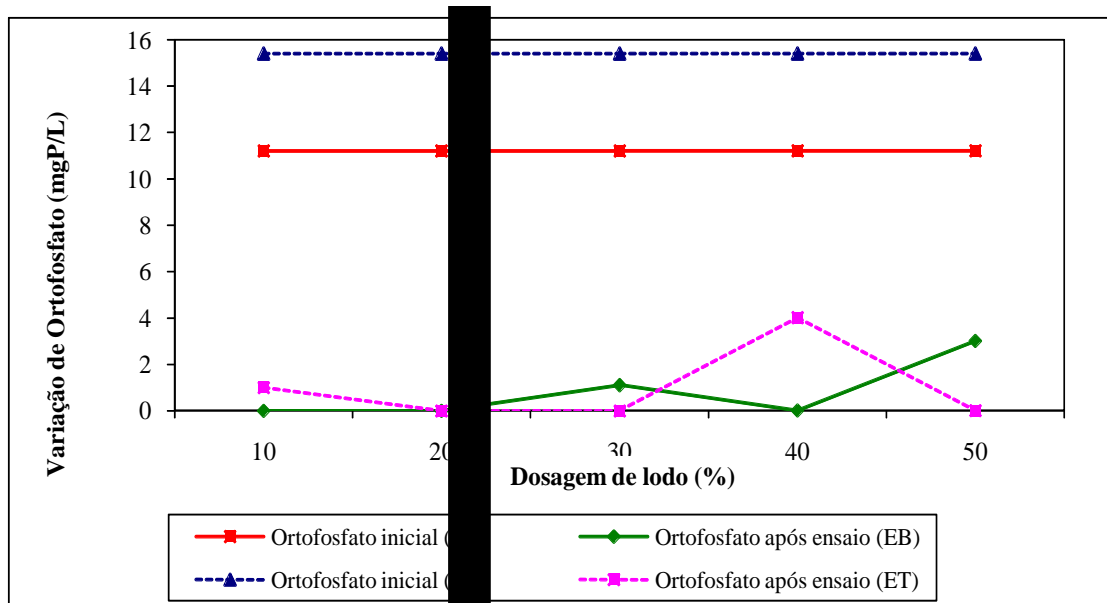


Figura 3: Variação de ortofosfato nos esgotos bruto e tratado para cada dosagem de lodo utilizado.

Tanto o EB e ET alcançaram remoção próxima de 100% em no mínimo três dosagens de lodo, observa-se ainda remoção significativa para todas as dosagens testadas. Omoto (2008), explica que os lodos gerados em ETA's apresentam elevado potencial para remoção de fósforo por serem constituídos predominantemente de óxidos e hidróxidos de alumínio os principais elementos responsáveis por processos de retenção de fósforo seja por mecanismos de adsorção ou precipitação.

Relacionando os ensaios de cor aparente (Figura 4), notasse que as únicas remoções aconteceram para a dosagem de lodo a 10%, no EB essa remoção foi de apenas 15% e de 30% para ET. Ocorrendo também seu acréscimo em função do aumento da porcentagem de lodo. Tal comportamento torna a utilização de grandes percentagens de lodo dispensável, uma vez que as mesmas acrescentam os valores de cor aparente.

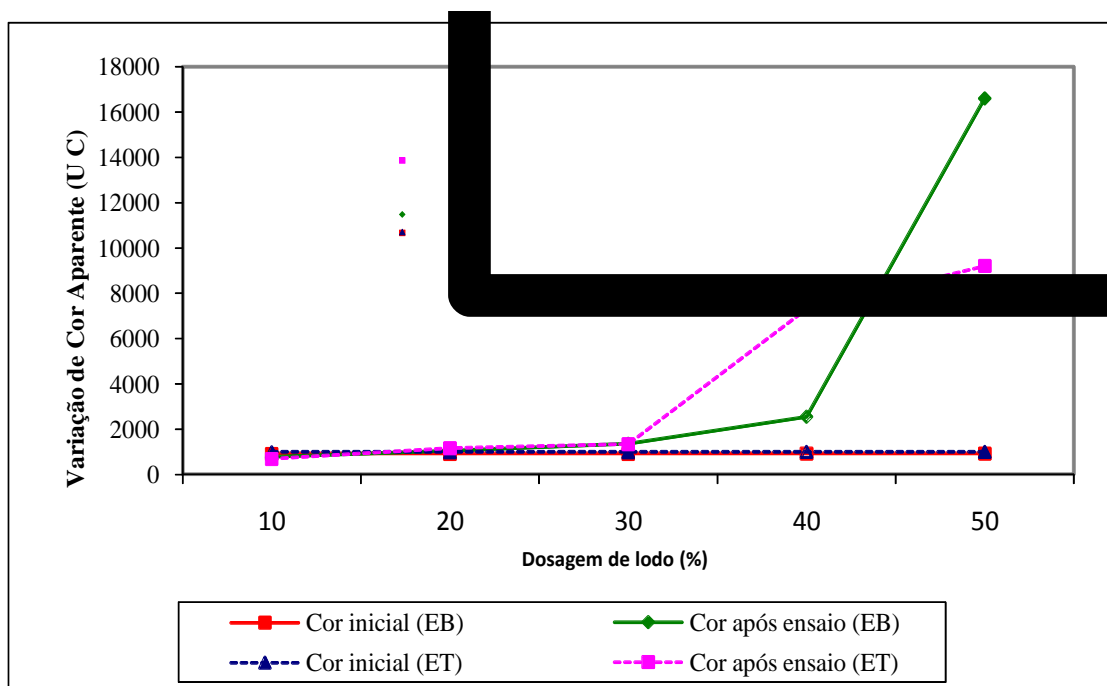


Figura 4: Variação da cor aparente nos esgotos bruto e tratado para cada dosagem de lodo utilizado.

Chao (2007), ao analisar a cor aparente em seu estudo que avaliou a possibilidade de utilização de lodo de ETA para remover fósforo constatou que a mesma cresceu após o teste de coagulação, aumentando de 50 para 90 UC.

O parâmetro turbidez (Figura 5) apresentou diminuição para o EB de 47%, para a dosagem de lodo a 10%, e de 11% para a dosagem a 20% de lodo. Observa-se que há aumento significativo conforme o aumento da dosagem de lodo. No esgoto tratado não foram alcançadas remoções em nenhuma das dosagens de lodo utilizadas.

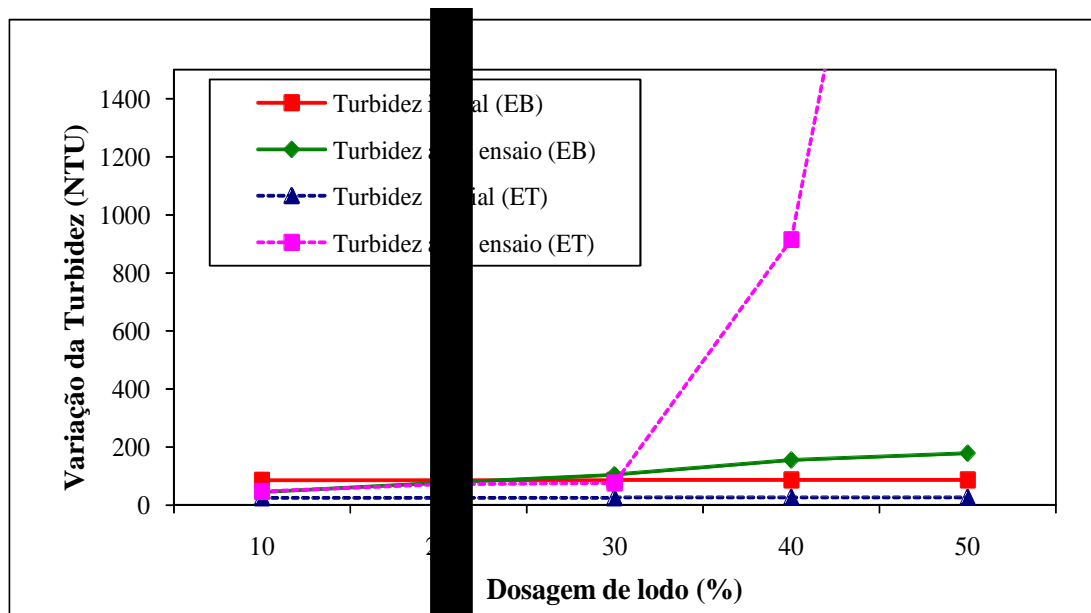
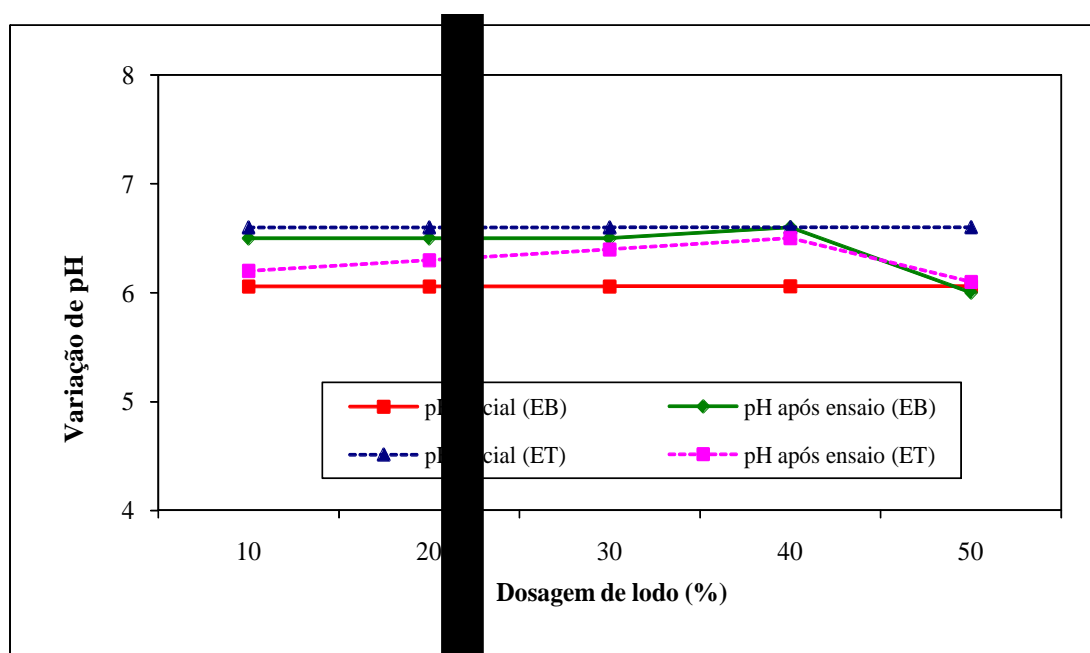


Figura 5: Variação de Turbidez nos esgotos bruto e tratado para cada dosagem de lodo utilizado.

De acordo com Silva e Brandão (2003), o aumento da turbidez pode ser explicado pelo fato que, a turbidez está relacionada ao número de partículas em suspensão, de tal modo que características como: forma, tamanho e densidade das partículas podem alterar a turbidez de uma amostra. Sendo assim o aumento da turbidez do esgoto analisado pode estar relacionado com as características das partículas que constituem o lodo da ETA Bolonha, ou seja, a turbidez apresenta uma tendência de crescimento para as maiores dosagens de lodo testadas, indicando que a utilização desse lodo, não se viabiliza dessa forma.

O parâmetro pH manteve-se entre as faixas 6,04 e 6,60 para o EB e 6,10 a 6,50 para ET (Figura 6).





**Figura 6: Variação de pH nos esgotos bruto e tratado para cada dosagem de lodo utilizado.**

Chao (2007), ao analisar o comportamento do pH em seu estudo que avaliou a possibilidade de utilização de lodo de ETA para remover fósforo, verificou que o mesmo não apresentava mudanças significativas com a variação da dosagem de lodo, permanecendo durante os ensaios de coagulação entre 4,5 a 6,5. Silva e Brandão (2003), ao analisarem a viabilidade de lodo de ETA ser utilizado na remoção de ortofosfato do efluente da ETE Sul, verificaram em seus testes pH praticamente estável independente da dosagem de lodo aplicada às amostras.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em função das observações realizadas durante a realização dos ensaios pode-se concluir que:

- O produto químico presente no lodo da ETA Bolonha é previamente indicado para remoção de ortofosfato em esgoto doméstico;
- É possível alcançar eficiência de remoção de ortofosfato próxima de 100% no esgoto doméstico com a utilização do lodo da ETA Bolonha, de acordo com o ensaio preliminar executado neste estudo;
- A remoção de ortofosfato obtida neste ensaio mostrou-se interessante tanto para esgoto bruto quanto para esgoto tratado;
- A melhor dosagem de lodo para o EB é de 10% e para ET 20%, pois além de alcançarem máxima remoção de ortofosfato, obteve os menores aumentos de turbidez e cor aparente, fato que poderia atenuar efeitos físicos indesejáveis em ambientes aquáticos usados como corpos receptores;
- Com o uso do lodo da ETA Bolonha, o comportamento observado para a variável Cor Aparente e a Turbidez não foi satisfatório com relação à remoção, havendo ainda um incremento nos valores após o ensaio;
- Sobre o pH não houve interferências na remoção de ortofosfato.
- Após o ensaio de coagulação utilizando lodo a 10 e 20% os valores dos parâmetros turbidez e pH do EB ficaram dentro dos padrões de lançamento estabelecido pela resolução CONAMA 357 de 17 de janeiro de 2005. A resolução estabelece para a turbidez 100 UNT, pH entre 6 e 9, para cor aparente nada é citado na resolução;

- Este estudo trata-se de uma avaliação preliminar do comportamento do ortofosfato quando submetido a uma interação com o lodo da ETA Bolonha em um ensaio de coagulação, assim, em função das limitações ocorridas com relação ao número de análises e amostragens, faz-se necessário um aprofundamento dos estudos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORK ASSOCIATION – AWWA; WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION – WPCF. 1999. Standard Methods of the experimentation of Water and Wastewater. 14 Ed. New York, 1268p.
2. CHAO, et al. Uso de lodo de estação de tratamento de água para remoção de fósforo de efluente de sistemas de lodos ativados. Disponível em: [http://stoa.usp.br/iarachao/files/402/2010/IARA+CHAO\\_FENASAN\\_2007rev.pdf](http://stoa.usp.br/iarachao/files/402/2010/IARA+CHAO_FENASAN_2007rev.pdf). Acesso em: 20/09/2008.
3. MACHADO, L.C.G.T et al. Caracterização do lodo gerado nos decantadores da ETA-Bolonha. VI SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2002. Anais. Vitória ES, 2002.
4. MARGUTI, A. L.; FERREIRA FILHO, S. S.; PIVELI, R. P. Otimização de processos físico-químicos na remoção de fósforo de esgotos sanitários por processos de precipitação química com cloreto férrico. Engenharia Sanitária Ambiental. Vol.13 - Nº 4 – São Paulo. 2008, 395-404.
5. OMOTO, E. S. Avaliação do descarte de lodo da ETA diretamente na rede coletora de esgotos. Disponível em: [www.aguasguariroba.com.br/arquivos/Edilson\\_Omoto\\_Lodo.pdf](http://www.aguasguariroba.com.br/arquivos/Edilson_Omoto_Lodo.pdf). Acesso em: 25/09/2009.
6. SILVA, Mônica da. & BRANDÃO, C. C. S. Aplicação de lodo de estações de tratamento de água como coagulante no polimento final para remoção de fósforo em unidades de tratamento de esgoto. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes22/dxxxiv.pdf>. Acesso em: 12/06/2008.
7. VON SPERLING, Marcos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - 3. ed. - UFMG, Belo Horizonte. 2005.