



II-313 – TESTE POTENCIAL PARA REMOÇÃO BIOLÓGICA DE FÓSFORO - UMA ADAPTAÇÃO BRASILEIRA

Anderson Jesus Stival

Engenheiro Ambiental pela Universidade Católica de Brasília – UCB. Tel: (61) 81894130 - e-mail: andersonstival@gmail.com

Douglas José da Silva

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo – USP. Tel: (61) 33569438 - email: douglasj@ucb.br

Mauro Roberto Felizatto

Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília – UnB. Tel: (61) 81619881 - email: maurofelizatto@caesb.df.gov.br

Tatiana Rodovalho Ribeiro

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Católica de Brasília – UCB Tel: (61) 84160477 - email: tatirodovalho@yahoo.com.br

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a eficiência de remoção biológica de fósforo no processo de tratamento de esgotos, através de reatores biológicos, utilizando acetato de sódio como um incremento a ajudar na fase química do processo; além de verificar o potencial de assimilação de fósforo em lodo de esgoto. Para tanto, foi desenvolvido ensaios em escala de bancada, simulou-se dois reatores aos quais foram configurados em duas fases (anaeróbia e aeróbia). Foi analisado o esgoto da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Melchior, do qual foi aceito amostras da fase pós-tratamento anaeróbio. Utilizou-se também lodo de esgoto proveniente de quatro estações distintas, que possuem processos diferentes de tratamento, estas são: ETE-SUL, ETE-GAMA, ETE-MELCHIOR e ETE-RIACHO FUNDO. Verificou-se que com o uso de acetato de sódio (R2) em processo biológico de remoção de nutrientes, houve remoção de até 26,1% a mais ao se comparar com o R1 (sem coagulante). Verificou-se também que o melhor lodo assimilador de Pt foi proveniente da ETE-RIACHO FUNDO com percentual de 34,5% de remoção.

PALAVRAS-CHAVE: Remoção Biológica de Fósforo. Reator Biológico. Acetato de Sódio.

INTRODUÇÃO

Atualmente, as maiores preocupações com relação aos esgotos domésticos são: grau de tratamento aplicado, destino final, consequências sobre o meio ambiente, qualidade das águas receptoras e seus usos benéficos. Todos estes fatores despertam grande atenção dos especialistas ligados a esta área.

Levando-se em conta estes aspectos, os estudos, critérios aplicados, projetos, todos relativos ao tratamento e à disposição final dos esgotos, deverão ser precedidos de cuidados especiais que garantam a adequada destinação dos esgotos domésticos, buscando assim a melhoria da qualidade dos corpos receptores, como lagos e rios.

Com o aumento da concentração de nutrientes em ambientes aquáticos -proveniente de tratamentos ou destinação incorreta dos esgotos domésticos-, fenômeno este conhecido como eutrofização, gera-se um crescimento desordenado de espécies com conseqüente redução do oxigênio dissolvido na água, promovendo por sua vez a mortandade de peixes, a redução da biodiversidade aquática, o aumento da incidência de florações de microalgas e cianobactérias e a perda da qualidade do local (AISSE, 2000).

Devido às imposições das leis ambientais, várias cidades brasileiras estão implementado melhorias nos processos de tratamento de esgoto. No Distrito Federal (DF), a preocupação com a eficiência de remoção de nutrientes em diversas unidades de tratamento de esgoto, deve-se ao fato de grande parte de sua área urbana está situada na bacia do Lago Paranoá. Durante a década de 70 e 80, este lago se encontrava em processo de eutrofização, provocado principalmente pelo despejo de águas residuárias sem tratamento ou com tratamento inadequado. A reversão desse processo se deu a partir da implantação de um programa de despoluição que

incluía a melhoria do tratamento de esgoto nas unidades que lançavam seu efluente ao Lago Paranoá. Para tal melhoria, os tratamentos deveriam ser a nível terciário.

Juntamente com a preocupação dos lançamentos em lagos, as estações de tratamento do DF que dispõem seus efluentes em rios, passaram por processos de melhoria e hoje, buscam aprimorá-los afim de continuar atendendo as especificações impostas pelas leis ambientais.

Uma das formas de realizar testes e verificar a possível melhoria nas fases de tratamento é sem duvida a realização de trabalhos em pequena escala.

Este estudo analisou o efluente RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente) da Estação de Tratamento de Esgotos Melchior. O lodo de esgoto utilizado para a complementação do experimento foi coletado em quatro ETEs diferentes: ETE-SUL, ETE-GAMA, ETE-MELCHIOR e ETE-RIACHO FUNDO.

A distribuição das ETEs, e sua localização na região do Distrito Federal, é apresentada na Figura 1.

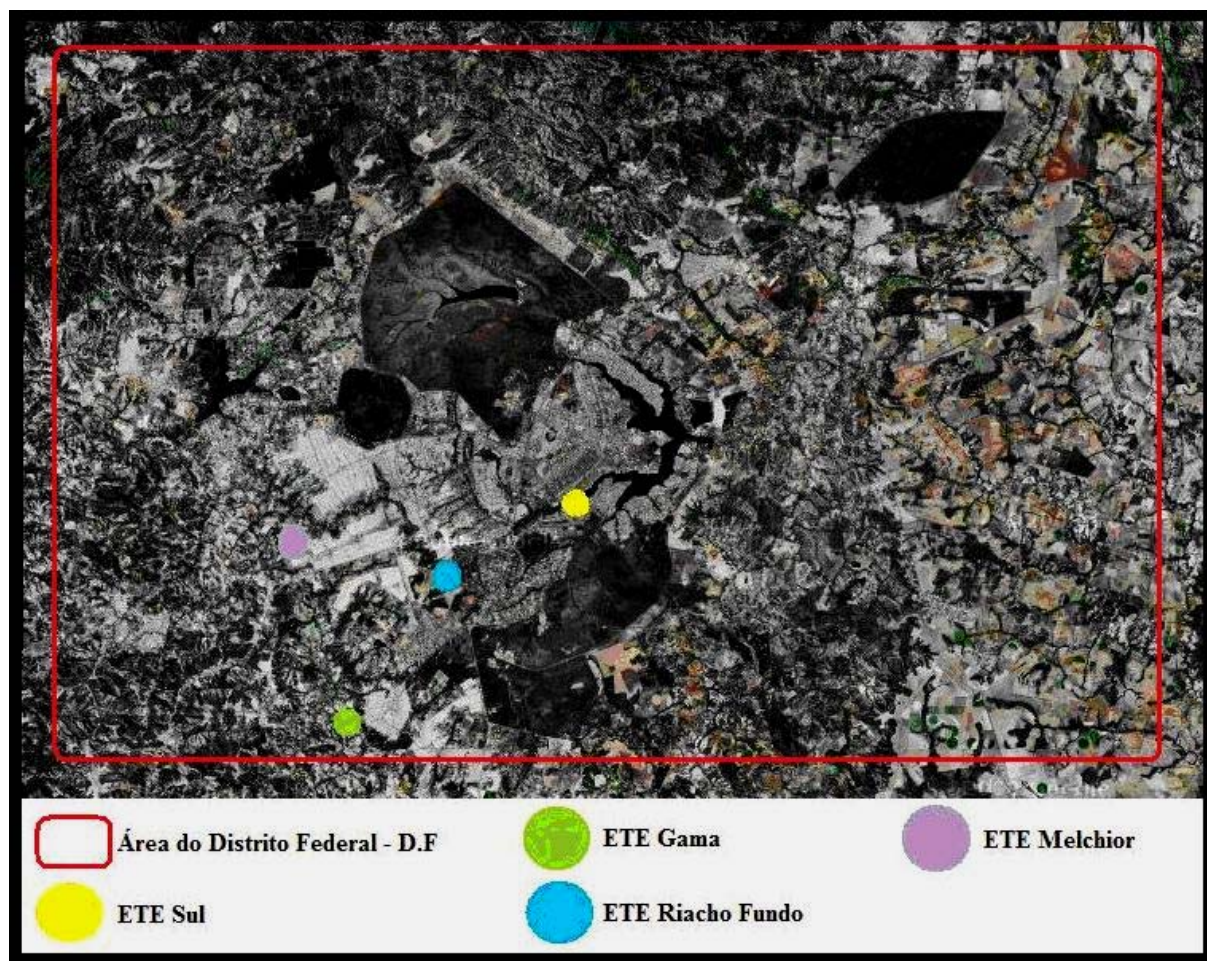


Figura 1 – Representação das Estações de Tratamento de Esgoto estudadas na região do Distrito Federal.
Fonte: Google Maps.

1.1 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETEs)

As estações de tratamento de esgoto que participaram do experimento possuem configurações diferentes de tratamento. A Tabela 1 identifica as principais características das ETEs estudadas, estas são: ETE-SUL – Atendendo a uma população com cerca de 370 mil habitantes (SETTI, 2005), a ETE-SUL conta com tratamento de lodos ativados a nível terciário para remoção de fósforo e nitrogênio. O corpo receptor dos efluentes é o Lago Paranoá; ETE-GAMA – Atendendo a uma população de 140 mil habitantes (SETTI, 2005), a ETE-GAMA conta com tratamento por reator anaeróbico de fluxo ascendente, reatores biológicos com polimento final. Deságua seu efluente no córrego Ribeirão Ponte Alta; ETE-MELCHIOR – Atende a uma



população de aproximadamente 900 mil habitantes (SETTI, 2005), a ETE-MELCHIOR conta com tratamento por reatores anaeróbicos de fluxo ascendente e Unitank (conjunto de tanques de aeração e clarificação), a qualidade do efluente é de nível terciário. O corpo receptor é o Rio Melchior; e ETE-RIACHO FUNDO – Atende uma população com cerca de 40 mil habitantes (SETTI, 2005), a ETE-RIACHO FUNDO conta com o sistema de tratamento em lodos ativados por batelada a nível terciário. O corpo receptor dos efluentes é o córrego Riacho Fundo.

Tabela 1 – Principais características das Estações de Tratamento de Esgoto estudadas

ETEs	População Atendida	Tipo de Tratamento	Corpo Receptor
SUL	370 mil habitantes	Lodo Ativado	Lago Paranoá
GAMA	140 mil habitantes	Reator Anaeróbico e Biológico	Córrego Ribeirão Ponte Alta
MELCHIOR	900 mil habitantes	Reator Anaeróbico e Unitank	Rio Melchior
RIACHO FUNDO	40 mil habitantes	Lodos Ativados por Batelada	Córrego Riacho Fundo

1.2 REMOÇÃO DE FÓSFORO

A presença de fósforo em meio hídrico, tem sido caracterizada como fonte de nutriente que limita a capacidade de crescimento biológico (plantas, microorganismos), o fósforo nos efluentes de tratamento de esgoto pode gerar impactos ambientais significativos, principalmente nos corpos receptores mais sensíveis como lagos e represas (JORDÃO et al., 1995).

O fósforo nos esgotos apresenta-se apenas na forma de *fosfato* (SEDLAK, 1991).

As principais formas de fosfato nos esgotos são: fósforo inorgânico (ortofosfato e polifosfato) e fósforo orgânico (SPERLING, 2000).

A indução da remoção biológica do fósforo é feita, basicamente, aumentando-se o percentual de fósforo na fração ativa de lodo. Segundo Jeon e Park (2000), algumas bactérias têm a capacidade de estocar o fósforo na forma de polifosfato (poli-p) e carbono na forma de poli-b-hidroxibutirato (PHB). Sob condições anaeróbias, essas bactérias liberam o fosfato armazenado como poli-p, devido à necessidade de armazenar substrato rapidamente biodegradável como PHB. Nessas condições, a concentração de ortofosfato no meio líquido aumenta na fase anaeróbia. Na fase aeróbia, quando a concentração de substrato prontamente biodegradável é baixa, os organismos que possuem PHB armazenado começam a degradá-lo e a utilizá-lo como fonte de carbono e energia. Parte da energia é utilizada para formar poli-p e armazená-lo no interior das células, com conseqüente diminuição da concentração de fósforo na fase líquida. Para que haja a liberação de fosfato é necessária a presença de uma fonte de carbono facilmente degradável na fase anaeróbia, como os ácidos graxos de cadeia curta, principalmente acetato (SEDLAK, 1991).

No entanto, a remoção de fósforo pode se dar por processos químicos ou biológicos. O uso do tratamento com produtos químicos em fases como polimento final e em reatores anaeróbios, vem se tornando uma prática cada vez mais comum. Nesse contexto, a adição de coagulantes inorgânicos pode ser utilizada para reduzir o nível de fósforo do efluente final.

No presente trabalho utilizou-se o coagulante inorgânico acetato de sódio. Este é utilizado para reduzir o nível de fósforo em processos de tratamento de esgoto. Como o acetato de sódio trata-se de um sal, de uma base forte e de um ácido fraco, é também utilizado para tampões de controle de pH, além de muitas aplicações em laboratórios (METCALF e EDDY, 1985). Tendo em vista que este reagente tem menores custos financeiros, comparado com outros reagentes que são utilizados em algumas estações do Distrito Federal, teve-se a opção de utilizá-lo para ser quantificado seu desempenho no processo de tratamento de esgoto.

Verificando o desempenho deste coagulante, saber-se-á se o acetato de sódio é apto a ser utilizado em estações do DF a fim de enquadrar o efluente tratado às leis ambientais pertinentes, sabendo-se que algumas leis ambientais estabelecem limites de concentração de fósforo e índices de balneabilidade a partir da concentração de nutrientes em corpos hídricos. A Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005, estabelece o limite de 0,020 a 0,15mgL⁻¹ de fósforo total, de acordo com a classificação das águas doces em classes 1, 2 e 3, estabelecendo que, não havendo metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final para



este parâmetro no efluente a ser lançado, direta ou indiretamente, nos corpos d'água, o padrão de qualidade a ser obedecido será aquele que consta na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado (BRASIL, 2005).

Desta forma, a busca por melhores tipos de tratamento para o enquadramento às leis ambientais estão sendo realizadas, uma de tantas formas é através de projetos de pesquisa como este.

1.3 ANÁLISE EM BIOSSÓLIDO

O fósforo removido biologicamente na fase líquida fica incorporado à massa biológica (CALLADO e FORESTI, 2002). Sabendo-se disto, neste trabalho foi proposto a análise em bio sólido como parâmetro a verificar o melhor lodo assimilador de fósforo das ETEs apresentadas, mesmo sabendo que outros fatores podem influenciar na remoção biológica de fósforo, como fatores ambientais (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, nitrato na zona anaeróbia) (SPERLING, 2000); e fatores de parâmetros de projeto (idade do lodo, tempo de detenção e configuração da zona anaeróbia, tempo de detenção na zona aeróbia) (SPERLING, 2000).

1.4 TESTE DE SELEÇÃO (*SCREENING TEST*)

1.5

Foi proposto um teste de seleção (*Screening Test*), que consistiu em analisar a água residuária de interesse (Efluente RAFA ETE-MELCHIOR) com a variação de lodos ativados de ETEs distintas (ETEs: SUL, GAMA, RIACHO FUNDO e MELCHIOR). Segundo SPERLING (1997), o processo de lodos ativados pode ser dividido quanto à idade do lodo (em lodos ativados convencional e aeração prolongada) e quanto ao fluxo (em contínuo e intermitente - batelada). Das ETEs as quais foram utilizados os lodos, apenas a ETE-RIACHO FUNDO utiliza o sistema de tratamento em processo de batelada.

Como objetivo, o presente trabalho contemplou avaliar o desempenho de um sistema de dois reatores distintos funcionando em batelada, verificando a remoção biológica de fósforo no processo de tratamento de esgoto, utilizando lodo ativado de estações de tratamento que operam em diferentes configurações. Verificou-se também a assimilação de fósforo em bio sólido utilizando lodo ativado de diferentes estações de tratamento de esgoto.

Visando alcançar o êxito dos objetivos mencionados, foram realizadas diversas análises. Os parâmetros analisados e a metodologia utilizada para análise, seguem de acordo com a Tabela 1.4.

Tabela 1.4 – Parâmetros analisados durante o processo experimental

Amostra a ser analisada	Parâmetros	Método	Referência
Esgoto	DQO (Demanda Química de Oxigênio)	Titulométrico com dicromato de potássio	<i>Standard Methods</i> (EATON, 2005).
Esgoto	TKN (Nitrogênio Total de Kjeldahl)	Kjeldahl	<i>Standard Methods</i> (EATON, 2005).
Esgoto	Pt (Fósforo Total)	Espectrofotometria com cloreto estano	<i>Standard Methods</i> (EATON, 2005).
Lodo	Pt _B (Fósforo Total em Bio sólido)	Espectrofotometria com cloreto estano	<i>Standard Methods</i> (EATON, 2005).
Esgoto	Ortofosfato	Espectrofotometria com cloreto estano	<i>Standard Methods</i> (EATON, 2005).
Esgoto	pH	Potenciométrico	<i>Standard Methods</i> (EATON, 2005).



MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório da Estação de Tratamento de Esgotos Melchior, pertencente à Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB.

O processo experimental consistiu em analisar amostras de dois reatores distintos (ambos funcionando em sistema de batelada com fase anaeróbia e aeróbia), além de analisar amostras iniciais (análise realizada antes do processo de batelada) e finais (após o processo de batelada).

Construíram-se duas estruturas de modelo experimental, que simulou dois reatores (R1 e R2), feitos em escala de bancada, colocados de modo comparativo, com volume útil de 6 litros cada, com dimensões de: base, 25cm; altura, 20cm; largura, 12cm. O material utilizado foi vidro (transparente) com espessura de 10mm.

Como meio de agitação para o processo de batelada, foi utilizado a estrutura de um equipamento denominado Jar-Test. Deste equipamento, usou-se quatro pás agitadoras, duas para cada reator. Estas promoveram a agitação uniformemente. O mesmo foi configurado em dois estágios:

1º Estágio: Fase anaeróbia - Utilizou-se a agitação de 93rpm;

2º Estágio: Fase aeróbia - Utilizou-se a agitação de 28rpm.

Para a 2ª fase do processo, fase aeróbia, utilizou-se uma bomba de ar com a função de promover a aeração do meio. A esta bomba de ar, foram adicionadas mangueiras que levaram o ar gerado ao fundo dos reatores. Na extremidade das mangueiras da bomba de ar (ao fundo dos reatores) foram adicionadas pedra porosa, estas com função de dispersar o ar gerado pela bomba.

O módulo completo do experimento (reatores, equipamento de agitação e bomba de ar) é representado na Figura 2.

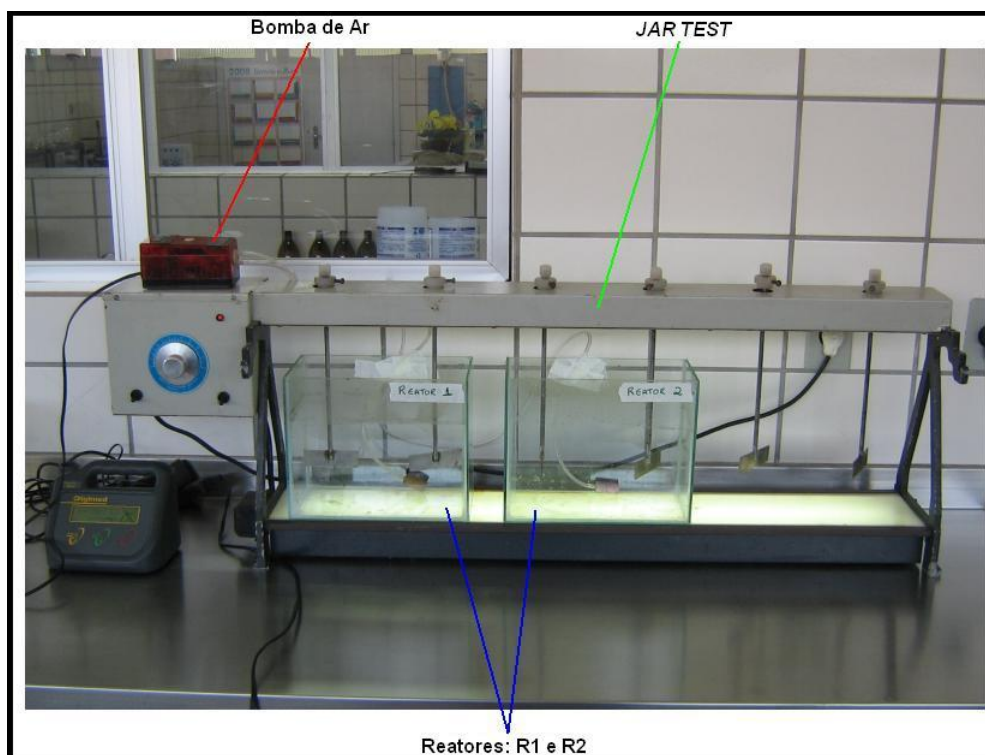


Figura 2 – Módulo completo dos equipamentos utilizados nos processos de batelada do experimento.



2.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram coletados 6 litros de esgoto e 6 litros de lodo para cada batelada do experimento.

O esgoto utilizado para todas as bateladas realizadas, foi coletado no mesmo ponto. Este ponto é característico da fase pós-tratamento anaeróbio da ETE-MELCHIOR (Efluente RAFA). A Figura 2.1 (a) apresenta a esquematização do processo de tratamento da ETE-MELCHIOR além de identificar o ponto de coleta do esgoto e lodo utilizado desta ETE. Uma característica importante a qual poderá influenciar nos resultados é, no momento da coleta, a bomba de retorno da lavagem das canaletas da fase seguinte do processo, não podem estar em operação.

O lodo coletado é característico de quatro ETes diferentes, configurando assim o experimento a passar por quatro bateladas.

1ª Batelada – Esgoto, efluente RAFA ETE-MELCHIOR e lodo ETE-MELCHIOR, o lodo foi coletado na fase de decantação do reator Unitank (identificado na Figura 2.1 (a)).

2ª Batelada – Esgoto, efluente RAFA ETE-MELCHIOR e lodo ETE-GAMA, o lodo foi coletado em reator biológico durante a fase de aeração. A esquematização do processo de tratamento da ETE-GAMA e ponto de coleta do lodo são apresentados na Figura 2.1 (b).

3ª Batelada – Esgoto, efluente RAFA ETE-MELCHIOR e lodo ETE-SUL, o lodo foi coletado após fase aeróbia. A Figura 2.1 (c) apresenta as fases do processo de tratamento da ETE-SUL além de apresentar o ponto de coleta do lodo utilizado.

4ª Batelada – Esgoto, efluente RAFA ETE-MELCHIOR e lodo ETE-RIACHO FUNDO, o lodo foi coletado durante o processo de agitação do reator batelada. A Figura 2.1 (d) apresenta as fases do processo de tratamento da ETE-RIACHO FUNDO e o ponto de coleta do lodo utilizado.

As coletas de lodo realizadas fora da ETE-MELCHIOR foram mantidas sob cuidados especiais para que não fossem alteradas em sua originalidade.

Após a coleta de lodo e esgoto, foi realizado o seguinte procedimento, adicionando-se: 2 litros de esgoto e lodo em cada reator (R1 e R2); 25mg de acetato de sódio/L de esgoto ao reator 2.

Posteriormente, iniciou-se o processo de batelada na seguinte configuração:

1ª Fase, anaeróbia. Com duração de 1 hora, foram coletadas amostras para análise em intervalos de 15 minutos (4 amostras).

2ª Fase, aeróbia. Com duração de 3 horas, foram coletadas amostras em intervalos de 60 minutos (3 amostras).

Portanto, cada batelada gerou em seu processo 7 amostras. Estas foram submetidas a análise de Ortofosfato, seguindo metodologia contida no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (EATON, 2005).

Do material coletado inicialmente (esgoto e lodo), a parte do esgoto que não foi adicionada aos reatores, foi submetida às análises iniciais, a parte do lodo que também não foi utilizada, foi realizada a análise de fósforo total em biossólido. Estas análises são de acordo à Tabela 1.4.

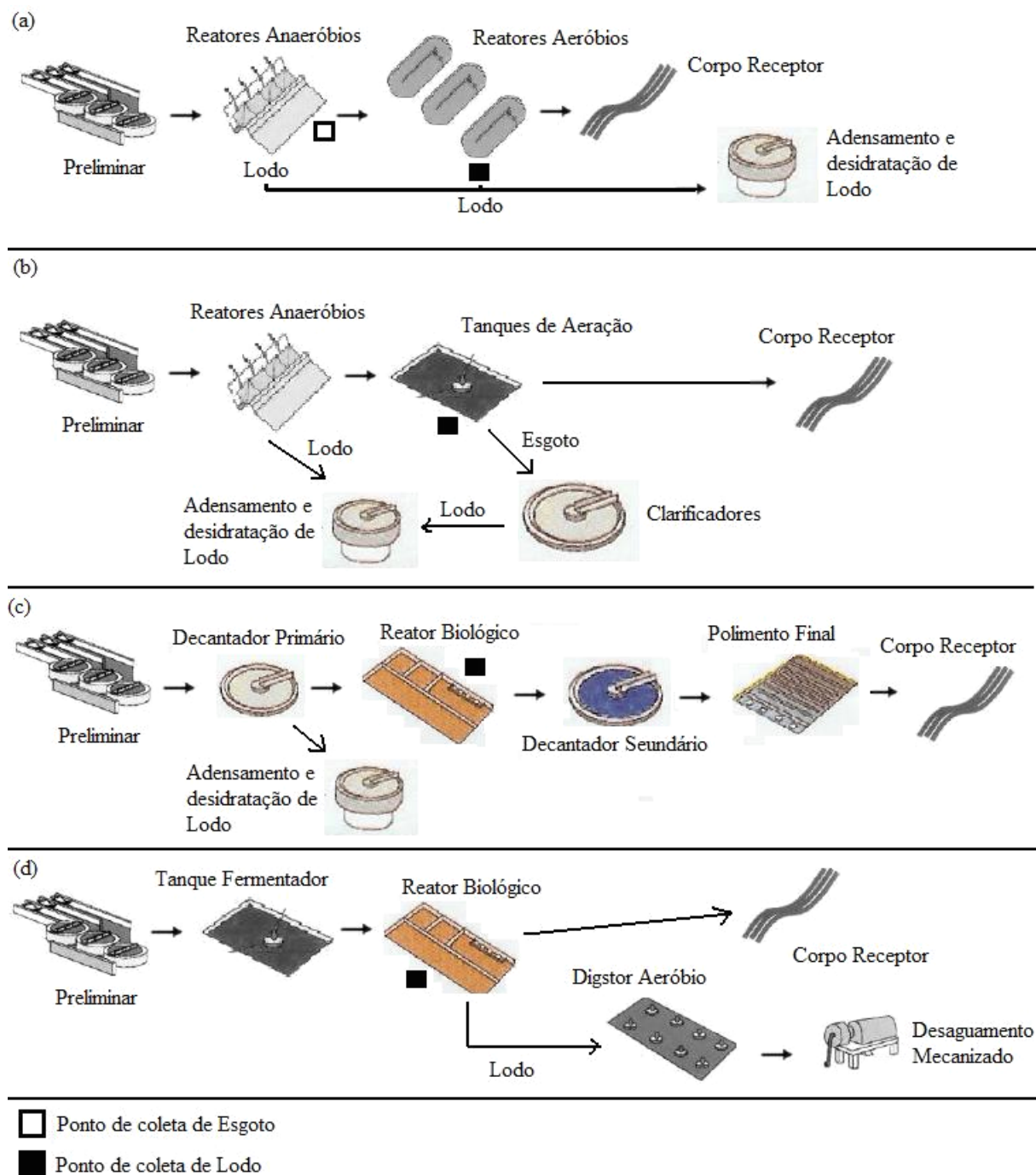


Figura 2.1 – Esquematização dos processos de tratamento das ETEs em estudo.
(a) ETE- MELCHIOR, (b) ETE-GAMA, (c) ETE-SUL e (d) ETE-RIACHO FUNDO.

Após o término do processo de batelada, que durou 4 horas cada, foi coletado do material restante nos reatores, 2 litros de amostra homogeneizada. Estas, por sua vez, foram inseridas em cones de Imhoff. Este processo consiste em separar por sedimentação o lodo do esgoto. A Figura 2.1.1 mostra como ficou a separação do lodo e esgoto após 20 minutos. Aguardou-se 30 minutos, logo depois foi retirada a parte líquida (efluente tratado) e a ela foi realizada as análises finais. Na parte sólida restante (lodo), foi realizada a análise de fósforo total em biossólidos.

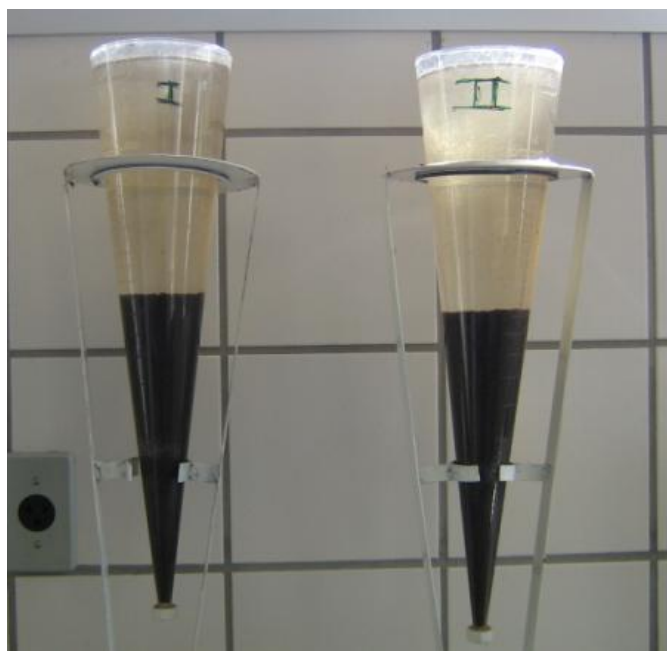


Figura 2.1.1 – Material coletado após processo de batelada dispostos em cones de Imhoff.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostraram que o sistema apresentou comportamento bastante estável com relação a remoção biológica de fósforo e assimilação em bio sólido. Através de tríplex análise, foi promovida a média entre as mesmas e com isso a obtenção dos resultados.

Os resultados encontrados nas análises de esgoto (iniciais e finais) foram comparados com resultados da ETE-MELCHIOR, todos provenientes do período da realização deste experimento (meses de Setembro, Outubro e Novembro de 2008). A Tabela 3 apresenta a média dos resultados obtidos da ETE-MELCHIOR para os meses citados.

Tabela 3 – Resultado das Análises iniciais e finais ETE-MELCHIOR
(Média dos meses de Setembro, Outubro e Novembro de 2008)

Parâmetro	Inicial	Final
pH	7,22	7,24
DQO (mg/L)	299,06	53,31
TKN (mg/L)	65,06	22,71
Pt (mg/L)	8,52	6,22
Ortofosfato (mg/L)	6,78	5,33

Além de verificar a remoção biológica de fósforo, verificou-se também a assimilação de fósforo em bio sólido. Segundo a metodologia, o potencial de assimilação é expresso em porcentagem. Os resultados encontrados foram confrontados com resultados obtidos em trabalho semelhante realizado na ETE-SUL, usando como coagulante inorgânico cloreto férrico. O valor do percentual de assimilação adotado como parâmetro é de 1,80%.

3.1 pH

Não houve grande variação aos valores analisados de pH. Estes valores foram comparados aos da ETE-MELCHIOR e apresentaram similaridade, confirmando a estabilidade do experimento. A Tabela 3.1 apresenta os valores obtidos nas análises de pH.



Tabela 3.1 – Valores das análises de pH

Batelada	Análises do Experimento			ETE-MELCHIOR	
	Inicial	Final		Inicial	Final
		R1	R2		
1	7,22	7,23	7,19	7,22	7,24
2	6,71	7,22	7,29		
3	6,59	5,89	6,08		
4	6,94	8,08	8,06		

3.2 DQO

Os resultados de DQO obtidos nas análises são apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Concentração de DQO (mg/L)

Tabela 3.2 – Concentração de DQO (mg/L)					
	Análises do Experimento			ETE-MELCHIOR	
Batelada	Inicial	Final		Inicial	Final
		R1	R2		
1	91,16	49,38	60,77	299,06	53,31
2	383,64	296,27	292,48		
3	94,96	46,80	57,32		
4	628,03	216,51	463,40		
DQO (mg/L)					

Observou-se que as concentrações de DQO no R2 são maiores, com exceção a batelada 2. Desta forma é evidenciado que o reagente utilizado, acetato de sódio, interferiu no processo de oxidação da fração orgânica do meio, havendo desta forma maior percentual de remoção no R1 (sem coagulante), atingindo remoção de até 65,5%. Na batelada 2 onde o R2 removeu mais DQO, no geral, o percentual foi de 22%, caracterizando ineficiência no sistema. Comparando com o percentual de remoção da ETE-MELCHIOR que foi de 82%, considerou-se que o sistema para o R1 é eficiente.

3.3 TKN

Aos resultados de TKN, o menor percentual de remoção foi verificado na batelada 4, R2, como mostrado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Concentração de TKN (mg/L)

Tabela 3.3 – Concentração de TKN (mg/L)					
	Análises do Experimento			ETE-MELCHIOR	
Batelada	Inicial	Final		Inicial	Final
		R1	R2		
1	51,5965	15,6184	13,3872	65,06	22,71
2	57,7323	26,4955	28,1689		
3	58,8476	11,4349	13,3872		
4	56,8956	50,7598	54,6644		
TKN (mg/L)					

O lodo coletado para batelada 4 foi proveniente da fase de agitação, antes do processo de aeração, portanto, a qualidade deste lodo para remoção de nitrogênio é inferior aos demais coletados. Verificou-se que o potencial de remoção de TKN nos reatores 1 e 2 foram bem próximos. Nas bateladas 1, 2 e 3 o potencial de remoção foi de até 80%, comparando ao percentual de remoção da ETE-MELCHIOR - 65%-, obteve-se melhores resultados.



3.4 Pt

Os resultados obtidos para Pt são apresentados na Tabela 3.4. A concentração de fósforo total encontrada na batelada 2 (maior concentração ao valor inicial), pode ser proveniente da fase a qual o lodo foi coletado (fase de aeração). O fósforo contido no meio aerado não passou totalmente pela fase de quebra das partículas, onde estas, por serem maiores, são mais difíceis de serem consumidas pelas bactérias. No entanto, quando o lodo está sendo decantado, as partículas de fósforo contidas ao meio já passaram por esta “quebra”, e a assimilação pelas bactérias se torna mais fácil.

Tabela 3.4 – Concentração de Pt					
	Análises do Experimento			ETE-MELCHIOR	
Batelada	Inicial	Final		Inicial	Final
		R1	R2		
1	5,55	3,33	2,73	8,52	6,22
2	6,24	4,45	6,36		
3	5,53	4,78	3,33		
4	6,51	11,76	9,27		
Pt (mg/L)					

Observou-se para batelada 4, que a concentração aumentou com referência a análise inicial, caracterizando assim que o lodo coletado possui maior concentração de fósforo. Para a ETE-MELCHIOR, a remoção de fósforo foi de 27%, utilizando acetato de sódio, a batelada com melhor remoção biológica foi a 1ª batelada, com percentual de remoção de 50,8%.

3.5 Ortofosfato

O monitoramento de Ortofosfato foi realizado de duas formas: em análise inicial e final e durante o processo de cada batelada. De acordo com a Tabela 3.5, verifica-se o comportamento da concentração de Ortofosfato em análise inicial e final.

Tabela 3.5 – Concentração de Ortofosfato					
	Análises do Experimento			ETE-MELCHIOR	
Batelada	Inicial	Final		Inicial	Final
		R1	R2		
1	1,89	1,38	1,82	6,78	5,33
2	4,01	1,75	1,71		
3	4,71	0,73	0,79		
4	4,86	6,08	5,60		
Ortofosfato (mg/L)					

Observou-se que o percentual de remoção de Ortofosfato para ETE-MELCHIOR foi de 21,4%. Para as bateladas 1 e 3, utilizando acetato de sódio, houve maior concentração ao R2. A 3ª batelada, R1, apresentou melhor percentual de remoção de Ortofosfato com 84,7%.

Durante o processo das bateladas, a variação da concentração de Ortofosfato foi notável em todas as fases. Nota-se ainda que durante a fase anaeróbia as bactérias liberam o fosfato armazenado devido à necessidade de armazenar substrato rapidamente biodegradável, na fase seguinte, aeróbia, quando a concentração de substrato prontamente biodegradável é baixa, os organismos que possuem PHB (poli-b-hidroxibutirato) armazenado, começam a degradá-lo e a utilizá-lo como fonte de carbono e energia, portanto ocorre a assimilação. A concentração de Ortofosfato nos processos de liberação e assimilação são mostrados na Tabela 3.5.1.



Tabela 3.5.1 – Resultados das análises de Ortofosfato durante o processo de cada batelada

Análise de Ortofosfato					
1ª Batelada			2ª Batelada		
Fase Anaeróbia			Fase Anaeróbia		
	R1	R2		R1	R2
Tempo (min)	(mg/L)	(mg/L)	Tempo (min)	(mg/L)	(mg/L)
15	1,7032	1,3251	15	1,7354	1,3563
30	1,9691	1,5611	30	1,9691	1,5611
45	2,1173	1,7094	45	2,1173	1,7094
60	2,3345	1,9319	60	2,3325	1,9319
Fase Aeróbia			Fase Aeróbia		
	R1	R2		R1	R2
Tempo (min)	(mg/L)	(mg/L)	Tempo (min)	(mg/L)	(mg/L)
120	1,5273	1,8577	120	1,5273	1,8577
180	1,4127	1,8206	180	1,4127	1,8206
240	1,3757	1,8206	240	1,3757	1,8206
3ª Batelada			4ª Batelada		
Fase Anaeróbia			Fase Anaeróbia		
	R1	R2		R1	R2
Tempo (min)	(mg/L)	(mg/L)	Tempo (min)	(mg/L)	(mg/L)
15	3,3409	3,5634	15	6,0479	5,5287
30	3,4151	3,6005	30	6,1315	5,7883
45	3,4893	3,6005	45	6,2333	6,2703
60	3,5264	3,7118	60	6,8625	6,2991
Fase Aeróbia			Fase Aeróbia		
	R1	R2		R1	R2
Tempo (min)	(mg/L)	(mg/L)	Tempo (min)	(mg/L)	(mg/L)
120	1,4332	0,8837	120	5,8254	6,1225
180	0,8325	0,8241	180	5,4201	5,7932
240	0,7294	0,7932	240	5,0849	5,6029

Verificou-se que durante as fases do processo (anaeróbia e aeróbia) houve liberação e assimilação de fósforo na forma inorgânica. A Figura 3.5 apresenta a relação entre concentração x tempo de Ortofosfato.

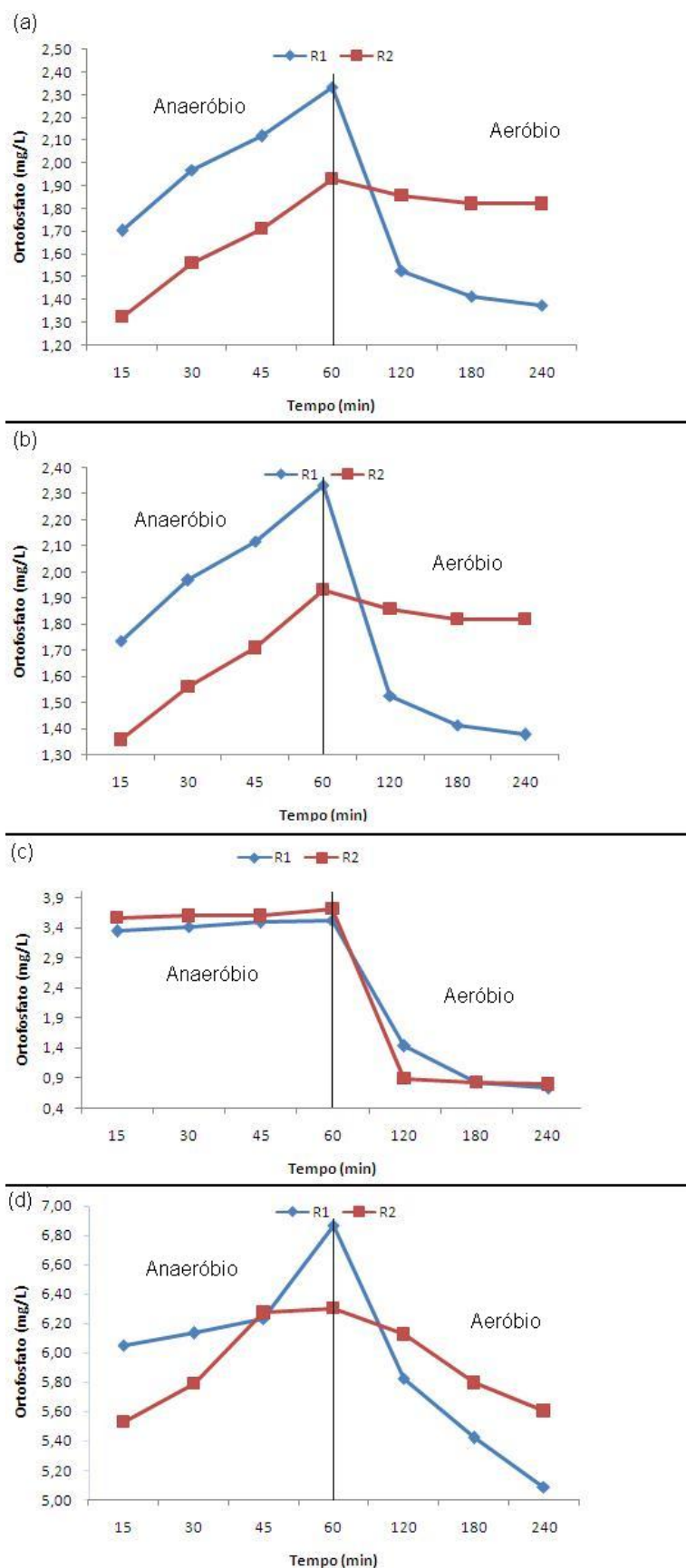


Figura 3.5 – Relação da concentração de Ortofosfato pelo tempo, (a) 1ª batelada, (b) 2ª batelada, (c) 3ª batelada e (d) 4ª batelada.



Verifica-se que mesmo adicionando lodo ao esgoto analisado, ou seja, aumentando a carga de nutrientes, ao final do processo obtiveram-se melhorias consideráveis na qualidade do esgoto ao verificar os resultados. Segundo Callado e Foresti (2002), este fato ocorre após o início da fase aeróbia, o chamado “*luxury uptake*”, com a injeção de ar, este é o momento ao qual acontece a maior absorção dos nutrientes, especialmente fósforo.

3.6 P_{tB}

A Tabela 3.6 apresenta os resultados obtidos pela análise de fósforo total em biossólido (P_{tB}) das quatro ETEs estudadas.

Tabela 3.6 – Concentração de fósforo total em biossólidos

Análise de Pt em Biossólido			
ETE	Análise		
	Inicial	Final	
		R1	R2
MELCHIOR	0,67	0,98	1,25
GAMA	1,67	2,14	2,41
SUL	0,82	1,48	1,6
RIACHO FUNDO	1,72	2,16	3,3
Valores expressos em % Pt (porcentagem de fósforo total)			

Como mostrado na Tabela 3.6 observou-se que a capacidade de assimilação de fósforo é maior no reator 2.

Com o uso de coagulantes inorgânicos, o sistema biológico se torna mais eficiente. Para ETE-MELCHIOR o potencial de assimilação de fósforo do reator 2 foi superior em 21%, para ETE-GAMA em 11%; ETE-SUL 7,5% e ETE-RIACHO FUNDO 34,5%. Segundo trabalhos realizados pela ETE-SUL, a eficiência encontrada para assimilação de fósforo com o esgoto e lodo da própria estação, utilizando coagulantes diferentes do utilizado neste trabalho, é de 1,80%. Neste caso, observa-se que o coagulante inorgânico acetato de sódio é superior ao contribuir no processo de assimilação de fósforo aos demais utilizados no trabalho de referência, cloreto férrico.

Contudo, após caracterização dos lodos de esgoto estudados, o proveniente da ETE-RIACHO FUNDO é considerado o melhor lodo assimilador de fósforo.

CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que o uso de acetato de sódio em processos biológicos de tratamento de esgoto é uma ferramenta viável. Após a realização do experimento, pode-se observar a eficiência de remoção dos nutrientes atendendo aos objetivos propostos.

Verificou-se que com o uso de acetato de sódio em processo biológico de remoção de nutrientes, houve remoção de até 26,1% ao comparar com o R1 (sem produto químico).

Para águas residuárias com características diferentes, é aconselhado que se realize testes como este, com a finalidade de verificar a relação de liberação e assimilação de fósforo durante o processo de tratamento.

Em casos de perda da parte biológica em estações do Distrito Federal, é aconselhável a utilização de lodo proveniente da ETE-RIACHO FUNDO. O lodo proveniente desta estação assimilou 34,5% de Pt, apresentando o melhor resultado dentre as analisadas.

É sugerido a trabalhos posteriores o uso diversificado de esgoto, assim como o lodo foi utilizado neste trabalho.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AISSE, Miguel Mansur. **Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária Ambiental - ABES, 2000. 192 p.
2. BRASIL. Fundação Nacional de saúde. **Manual prático de análise de água**. 1ª ed.-Brasília:Fundação Nacional de Saúde,2005.146p.
3. CALLADO, Nélia Henriques.; FORESTI, Eugênio. **Remoção Biológica de Fósforo em Reator Sequencial em Batelada Tratando Esgoto Sanitário Sintético Utilizando Acetato como Fonte Externa de Carbono**. In: XXVIII Congreso Interamericana de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, 2002, Cancun. Anais do XXVIII Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental. Cancun: AIDIS/ABES, 2002.DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de tratamento de Água - V. I e II. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil, 1993.
4. EATON, Andrew D. (Ed). **Standard methods for examination of water & wastewater**. 21st ed Washington, DC: American Public Health Association, c2005.
5. JEON, C. O.; PARK, J. M. **Enhanced biological phosphorus removal in a sequencing batch reactor supplied with glucose as a sole carbon source**. *Water Research*, v. 34, n. 7, p. 2160-2170 (2000).
6. JORDÃO, Eduardo, Constantino, Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3 ed.Rio de Janeiro:ABES,1995.720p.
7. METCALF & EDDY, INC. "**Ingeniería sanitaria: Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales**". 2ª ed. Barcelona, Labor, 969p (1985).
8. SEDLAK, R. **Phosphorus and nitrogen removal from municipal wastewater**. New York: Lewis, 1991. 240p.
9. SETTI, Arnaldo Augusto. **O Saneamento no Distrito Federal: Aspectos Culturais e Socioeconômicos**. 1ª ed. Brasília, DF: CAESB, 2005. 720p.
10. SPERLING, Marcos von.**Princípios Básicos do tratamento de Esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte, MG: UFMG, 1997. 211p.
11. SPERLING, Marcos von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2º ed. Belo Horizonte, MG: UFMG, 2002. 243p.