



REMOÇÃO DE NUTRIENTES EM SISTEMAS DE LODO ATIVADO RECEBENDO ESGOTO PRÉ-TRATADO EM REATOR UASB

Patricia Martins Ferreira Gaspar ⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie; Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Engenharia Hidráulica e opção Saneamento Básico pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Professora da Universidade de Mogi das Cruzes (UMC).

Roque Passos Piveli

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP); Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP); Doutor em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Professor Doutor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), pelo Deptº de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

Pedro Alem Sobrinho

Engenheiro Civil e Engenheiro Sanitarista pela Universidade de São Paulo (USP); Mestre em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (USP); MSc in Public Health Engineering pela Universidade de Newcastle Upon Tyne, UK; Doutor em Engenharia pela Universidade de São Paulo (USP); Livre docência pela Universidade de São Paulo (USP). Professor titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), pelo Deptº de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

Aplicar

Foto

Endereço (1): Rua Caiubi nº 1322 aptº 152 – Perdizes – São Paulo – CEP: 05010-000 – Brasil – Tel.: ++ 55 (11) 3673-1850 – e-Mail: pgaspar@umc.br ou patricia@hidrogesp.com.br.

RESUMO

No presente trabalho são apresentados e analisados os resultados operacionais de uma unidade piloto de lodo ativado para o tratamento de esgoto doméstico, pré-tratado por processo anaeróbio em reator UASB, visando a remoção de nitrogênio e fósforo. Os experimentos foram conduzidos mantendo a vazão afluente e de retorno de lodo em 50 L/h e a idade do lodo de aproximadamente 10 dias em todas as etapas. Para avaliar a remoção de fósforo foram realizados 4 experimentos com as seguintes condições operacionais: ETAPA 1) sem adição de cloreto férrico nem de polímero; ETAPA 2) adição do coagulante cloreto férrico, de forma a resultar uma concentração de 80 mg FeCl₃/L no esgoto e sem dosagem de polímero; ETAPA 3) adição do cloreto férrico, de forma a resultar uma concentração de 80 mg FeCl₃/L no esgoto e de polímero catiônico de médio peso molecular, perfazendo uma concentração de 1 mg/L no esgoto; e ETAPA 4) adição de cloreto férrico de forma a resultar uma concentração de 150 mg FeCl₃/L no esgoto e sem emprego de polímero. Foi possível obter as seguintes conclusões: A) O sistema de lodo ativado, como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios não é eficiente na remoção de nitrogênio devido a pouca disponibilidade de matéria orgânica para os organismos que realizam a desnitrificação; B) Em se tratando da remoção de amônia, o sistema de lodo ativado se mostrou eficaz, foram alcançadas eficiências médias de remoção acima de 95%; C) O uso de cloreto férrico para a remoção físico-química de fósforo mostrou-se eficaz somente para elevadas relações Fe/Ptotal do afluente. As relações médias Fe/Ptotal do afluente variaram de 2,0 a 5,6 nas etapas de operação. Com relações Fe/Ptot de 1,5 a 2,1:1 e 2,3 a 2,8:1 esperava-se alcançar remoções de fósforo da ordem de 85% e 95%, respectivamente, o que não ocorreu. As eficiências médias de remoção de fósforo total variaram de 63 a 94% nas etapas de operação; D) As relações médias de SSVTA/SSTA variaram de 0,7 a 0,5 nas etapas de operação, a redução dessa relação com a aplicação do cloreto férrico é devido a formação de "lodo químico"; e E) O sistema se mostrou eficiente na remoção de matéria orgânica. As eficiências médias de remoção de matéria orgânica, em termos de DQO total, variaram de 73 a 87% nas etapas de operação.

PALAVRAS-CHAVE

Esgoto, Lodo Ativado, Reator UASB, Remoção de Fósforo, Remoção de Nitrogênio.

INTRODUÇÃO

O sistema misto anaeróbio/aeróbio tem-se apresentado como alternativa interessante para o tratamento de esgotos principalmente pela redução substancial da carga afluyente ao tratamento anaeróbio, com redução proporcional no consumo de energia e também na produção de lodo do sistema misto que se reduz praticamente pela metade. (VAN HAANDELL & MARAIS, 1999).

Em função da intensificação dos problemas de qualidade de águas naturais, sobretudo de represas, e de uma maior restrição imposta pela recente Resolução CONAMA nº 357/2005, faz-se necessário incluir a remoção de nitrogênio e fósforo no tratamento de esgotos, ação praticada de forma sistemática em diversos países.

Esta crescente preocupação com a remoção dos nutrientes das águas residuárias é fundamentada na necessidade de garantir a qualidade do efluente bem como para proteger os corpos d'água receptores. Isto porque o lançamento de efluentes contendo grandes quantidades de nutrientes causa o desequilíbrio ecológico de águas superficiais devido ao crescimento anormal de algas e por consequência a diminuição dos níveis de oxigênio resultando assim na morte de microrganismos e macrorganismos. Esse conjunto de fenômenos é conhecido por EUTROFIZAÇÃO.

No entanto, deve-se considerar que quando se objetiva a remoção de nitrogênio, tem-se o problema da falta de carbono para a desnitrificação. Para resolver isto, é necessário o desvio de parte do afluyente do reator UASB, diminuindo então parcialmente as vantagens anteriormente apontadas. Quanto à remoção de fósforo, só é conseguida nos níveis exigidos quando se tem um tratamento físico-químico complementar. (CHERNICHARO et al., 2001).

Este trabalho tem por objetivo avaliar a remoção biológica do nitrogênio presente no efluente do reator anaeróbio tipo UASB através do sistema de lodo ativado, utilizando como fonte de energia o carbono orgânico contido neste efluente. Avaliar a remoção físico-química do fósforo presente no efluente do reator anaeróbio tipo UASB, através da adição de cloreto férrico, em dosagens variáveis, no reator aeróbio do sistema de lodo ativado. E avaliar o desempenho de sistema de lodo ativado na remoção da matéria orgânica remanescente do reator anaeróbio tipo UASB.

METODOLOGIA

O esgoto a ser tratado era proveniente da estação elevatória da SABESP em frente ao Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH) que recebia os efluentes dos prédios residenciais do CRUSP bem como de seu refeitório central, sendo encaminhado então para o pré-tratamento (conforme apresentado na figura 1) que consistia de tratamento preliminar (grade, caixa de areia e caixa de gordura) e tratamento anaeróbio (reator UASB).

O reator UASB possuía altura total de 6m, diâmetro de 2,5m e volume útil da ordem de 24m³. O tempo de detenção hidráulica era de 8 horas e sua vazão de 3m³/h.

O efluente do reator UASB era encaminhado até a unidade piloto de lodo ativado (conforme apresentada nas figuras 2 e 3) que funcionava em regime contínuo e era composta de reator anóxico (0,40 x 0,40 x 0,65 m) com agitador mecânico, seguido de reator aeróbio (0,45 x 0,90 x 0,65 m) com sistema de aeração por difusores tipo pedra porosa e de decantador (diâmetro 0,50 m, parte cilíndrica com altura de 1,20 m e parte tipo cone invertido, com inclinação das paredes de, aproximadamente 60 ° em relação a horizontal e altura de 0,5 m) com raspador de lodo. O descarte do lodo de excesso era feito diretamente do reator aeróbio.

Os reservatórios do coagulante cloreto férrico, do polímero catiônico de médio peso molecular e do bicarbonato (para correção de pH) foram instalados junto à unidade piloto, bem como as bombas dosadoras do sistema, o controlador/medidor de pH, o sistema de distribuição de ar e a caixa de alimentação afluyente a unidade piloto de lodo ativado. A mistura da massa líquida do reator aeróbio com o cloreto férrico ou com o polímero era realizada através do processo de aeração.

A partida foi dada com lodo aeróbio perfazendo uma concentração de sólidos em suspensão voláteis (SSV) de 2000 mg/L nos reatores anóxico e aeróbio.



Figura 1: Vista do sistema de pré-tratamento (tratamento preliminar e tratamento anaeróbio)



Figura 2: Vista da unidade piloto de lodo ativado (antes da instalação dos tanques de FeCl_3 e polímero)

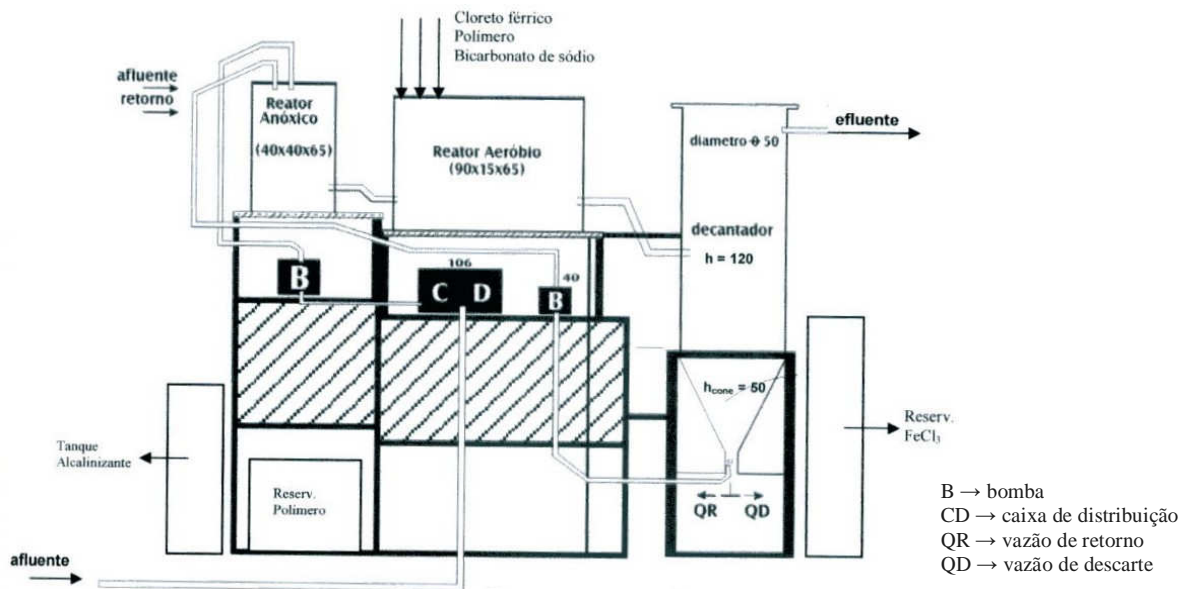


Figura 3: Esquema geral da unidade-piloto de pós-tratamento por lodo ativado

Conforme apresentado na tabela 1, a operação foi subdividida em 4 etapas, na 1ª etapa, com 209 dias de operação, não se adicionou FeCl_3 ; na 2ª etapa, com 28 dias de operação, dosou-se cloreto férrico de forma a resultar uma concentração de 80 mg FeCl_3/L no esgoto; na 3ª etapa, com 35 dias de operação, testou-se o uso conjunto de FeCl_3 e polímero catiônico de médio peso molecular com concentração de 1 mg/L no esgoto; e na 4ª etapa, com 11 dias de operação, dosou-se cloreto férrico de forma a resultar uma concentração de 150 mg FeCl_3/L no esgoto, não houve adição de polímero.

A operação do sistema envolvia o controle da vazão de esgoto e da vazão de retorno de lodo, o descarte do excesso de lodo (retirado no reator aeróbio), o controle de OD, T e pH nos reatores anóxico e aeróbio e o controle da dosagem de FeCl_3 e polímero, bem como a preparação destas soluções.

O monitoramento do reator UASB foi realizado visando controlar o funcionamento do sistema de pré-tratamento anaeróbio através das seguintes determinações físico-químicas de amostras coletadas na entrada e na saída do reator: DQO, DQO filtrada, DBO, DBO filtrada, NTK, N

amoniaco, fósforo total, ortofosfato, ácidos orgânicos voláteis, alcalinidade a bicarbonato, série de sólidos, sólidos sedimentáveis, surfactantes, pH e temperatura. E série de sólidos totais no interior do reator UASB (pontos de coleta: 8 pontos).

No controle laboratorial do processo, as amostras de esgoto afluente e efluente da unidade piloto de lodo ativado eram analisadas com frequência semanal, durante as 4 fases experimentais, tendo-se determinado: SST, SSV, DQO total, DQO filtrada, N amoniacal, NTK, Nitrato (efluente), Nitrito (efluente), P total e ortofosfato. O lodo dos reatores anóxico e aeróbio foi monitorado em termos de SST e SSV, também com frequência semanal de análises, além do controle diário de pH, T e OD. No reator anóxico foram analisados ainda os parâmetros Nitrato, Nitrito e DQO filtrada com a mesma frequência.

As análises seguiram os métodos analíticos recomendados pela "Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater".

Tabela 1: Resumo das condições operacionais

	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4
Dias de operação	209	28	34	11
Vazão afluente (L/h)	50	50	50	50
Taxa de recirculação de lodo (%)	100	100	100	100
C FeCl ₃ no esgoto (mg/L) *	-	80	80	150
C Polímero adicionada (mg/L)*	-	-	1	-
Idade do lodo desejada (d-1)	10	10	10	10
pH no reator aeróbio	6,8-7,2	6,8-7,2	6,8-7,2	6,8-7,2
O.D. no reator aeróbio (mg/L)	> 2,0	> 2,0	> 2,0	> 2,0
O.D. no reator anóxico (mg/L)	0	0	0	0
Temperatura	ambiente	ambiente	ambiente	ambiente

* dosagens iniciais de FeCl₃ e Polímero determinadas em ensaio jar-test

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões serão apresentados separadamente para o reator UASB e para a unidade de pós-tratamento por lodo ativado.

Reator UASB

O reator UASB foi monitorado no mesmo período de operação da unidade piloto de lodo ativado. As concentrações médias de DQO total e DQO filtrada no efluente foram de 188 mg O₂/L e 89 mg O₂/L, respectivamente. As concentrações médias de DBO total e filtrada no efluente foram de 96 mg O₂/L e 43 mg O₂/L, respectivamente. A eficiência média de remoção de matéria orgânica, em termo de DQO total, foi de 65,6% e de DBO total foi de 65,5%. Em relação à remoção da matéria orgânica considerando a DQO filtrada do efluente e a DBO filtrada do efluente, verificou uma eficiência média de 86,7% em termos de DQO e 84,5% em termos de DBO.

Quanto aos nutrientes verificou-se uma variação de concentração significativa tanto no afluente quanto no efluente ao reator UASB. Os resultados mostram algumas ocorrências de concentrações do efluente maiores que as concentrações do afluente, em termos de NTK, N amoniacal e fósforo, confirmando a não eficiência do reator UASB na remoção de nutrientes. Com relação ao nitrogênio amoniacal estes resultados deveriam ser esperados, uma vez que em ambiente anaeróbio só ocorre amonificação, sem nitrificação. As concentrações médias de NTK e N amoniacal no efluente foram de 48 mg N/L e 38 mg N/L, respectivamente.

A concentração média de fósforo total no efluente foi de 14 mg P/L. As concentrações médias de AOV e alcalinidade no efluente foram de 337 mg CaCO₃/L e 208 mg CaCO₃/L, respectivamente. E por fim, a concentração média de surfactante no efluente foi de 48 mg LAS/L.

Unidade piloto de lodo ativado

Antes do início da etapa 2, ensaios em *jar-test* foram realizados com o objetivo de determinar a dosagem de cloreto férrico a ser aplicada na unidade piloto de lodo ativado. De acordo com as tabelas 3 e 4, apresentadas abaixo, verificou-se que, de uma maneira geral, a concentração de fósforo total do sobrenadante ficou em torno de 4 mg P/L. Exceção se fez apenas para o jarro 1, que nos dois ensaios ficaram em torno de 6 mg P/L. Assim, optou-se por adotar a menor dosagem de cloreto férrico entre os jarros 2 a 6: a dosagem de 80 mg/L de FeCl₃.

Tabela 3: Resultados do ensaio em jar-test 1 realizado na etapa 2

Jarro	Dosagem de FeCl ₃ (mg /L)	pH medido	Ptotal do sobrenadante (mg P/L)	Ortofosfato do sobrenadante (mg P/L)
1	60	6,50	5,50	1,16
2	80	6,34	4,30	0,35
3	100	6,25	3,67	0,02
4	120	6,09	3,77	n.d
5	150	5,91	3,53	n.d
6	200	5,59	3,50	n.d
Concentração de P total afluente = 11,90 (pH medido: 6,90)				

OBS: Não foi feito ajuste de pH n.d = não detectado pelo método analítico

Tabela 4: Resultados do ensaio em jar-test 2 realizado na etapa 2

Jarro	Dosagem de FeCl ₃ (mg /L)	pH medido	Ptotal do sobrenadante (mg P/L)	Ortofosfato do sobrenadante (mg P/L)
1	60	6,3	5,50	0,9
2	80	6,2	4,4	0,2
3	100	5,8	4,30	n.d
4	120	5,6	3,9	n.d
5	150	5,2	3,8	n.d
6	200	4,2	3,7	n.d
Concentração de Ptotal afluente = 10,2 (pH medido: 6,75)				

OBS: Não foi feito ajuste de pH n.d = não detectado pelo método analítico

Visto que a redução da concentração de fósforo desejada na etapa 2 não foi alcançada e que visualmente notavam-se flocos pequenos e dispersos no sobrenadante do decantador, resolveu-se, na tentativa de melhorar a floculação, adicionar polímero numa etapa 3.

Para se determinar a dosagem ideal de polímero foi realizado ensaio em *jar-test*, conforme a tabela 5, podendo verificar que a adição de 1,0 mg/L de polímero obteve melhor eficiência na remoção de fósforo, sendo assim utilizada tal concentração nesta etapa.

Tabela 5: Resultado do ensaio em jar-test realizado na etapa 3

Jarro	Dosagem de FeCl ₃ (mg /L)	Dosagem de polímero (mg /L)	Ptotal do sobrenadante (mg P/L)	Ortofosfato do sobrenadante (mg P/L)
1	80	0,4	1,73	1,1
2	80	0,6	1,37	1,0
3	80	0,8	1,48	0,9
4	80	1,0	1,19	-
5	80	1,2	1,25	-
Concentração de Ptotal afluente = 11,7 mg P/L				
Concentração de Pfiltrado afluente = 7,2 mg P/L				

OBS: Não foi feito ajuste de pH n.d = não detectado pelo método analítico

Em linhas gerais, as figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam gráficos dos resultados dos principais parâmetros obtidos nas 4 etapas de operação. Já a tabela 6 apresenta um resumo dos resultados médios desses principais parâmetros bem como suas eficiências médias de remoção em cada etapa.

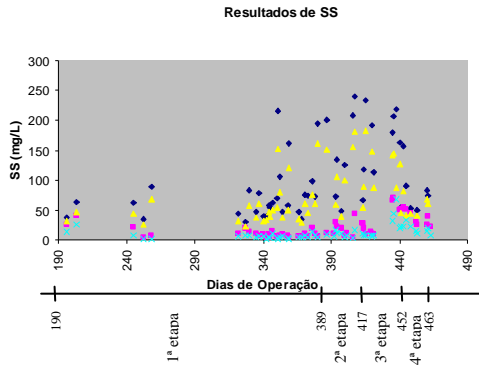


Figura 4: Concentrações de SST e de SSV

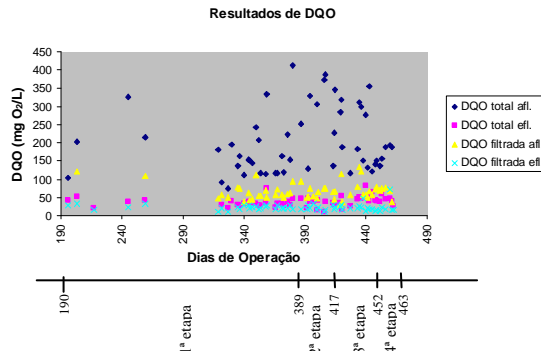


Figura 5: Concentrações de DQO total e de DQO filtrada

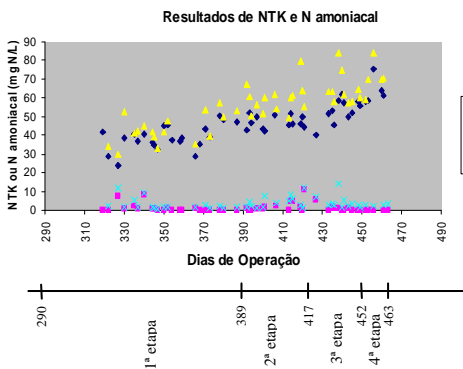


Figura 6: Concentrações de NTK e de N amoniacal

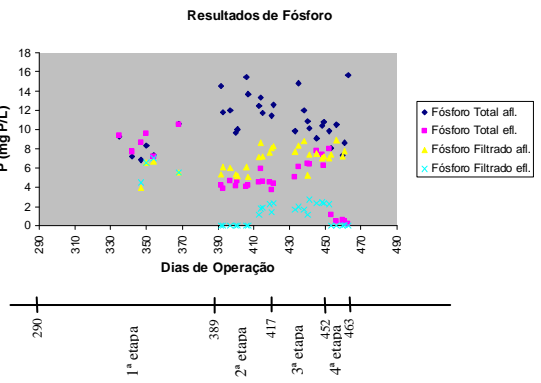


Figura 7: Concentrações de P total e de Ortofosfato

Baseado na tabela 6 pode-se afirmar que as eficiências de remoção de matéria orgânica, em termos de DQO total, foram consideráveis, na etapa sem adição de cloreto férrico, a eficiência média foi da ordem de 78,1% e com adição de cloreto férrico os resultados obtidos foram ainda melhores, na etapa 2 foi da ordem de 86,7%; na etapa 3 de 87,3%; e na etapa 4 de 73,2%. Já a eficiência de remoção de matéria orgânica, considerando a DQO filtrada no efluente, na etapa sem adição de cloreto férrico, foi da ordem de 85,7% e nas etapas com adição de cloreto férrico atingiram valores ainda melhores, na etapa 2 foi da ordem de 91,4%; na etapa 3 de 91,6%; e na etapa 4 de 89,4%.

As altas eficiências médias de remoção de NTK foram de 96,5% na etapa 1; 94,6% na etapa 2; 97,4% na etapa 3; e 96,9% na etapa 4. Em relação as eficiências médias na remoção de nitrogênio amoniacal, estas foram de 99,5% na etapa 1; 95,8% na etapa 2; 98,2% na etapa 3; e praticamente 100% na etapa 4.

As concentrações médias de nitrato no reator anóxico e no efluente, respectivamente, foram de 10,1 mg N/L e 30,3 mg N/L na etapa 2; 8,3 mg N/L e 39 mg N/L na etapa 3; e 16 mg N/L e 44 mg N/L na etapa 4. As concentrações médias de nitrito no reator anóxico e no efluente, respectivamente, foram de 0,21 mg N/L e 0,10 mg N/L na etapa 1; 0,85 mg N/L e 0,81 mg N/L na etapa 2; 1,42 mg N/L e 1,43 mg N/L na etapa 3; e 1,3 mg N/L e 0,08 mg N/L na etapa 4.

Tabela 6: Resumo dos resultados obtidos em todas as etapas de operação da unidade piloto de lodo ativado

	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4
Idade do lodo alcançada (d-1)	9,4	10,3	8,9	8,9
SST efluente (mg/L)	9	19	11	28
Eficiência de remoção de SST efluente (%)	87	82,7	94,6	55,4
SSV efluente (mg/L)	5	9	7	13
Eficiência de remoção de SSV efluente (%)	90	89,3	95,2	72,9
SSVTA/ SSTA	0,69	0,55	0,49	0,53
DQO total efluente (mg O ₂ /L)	35	33	35,3	48
Eficiência de remoção de matéria orgânica, em termos de DQO total (%)	78,1	86,7	87,3	73,2
DQO filtrada efluente (mg O ₂ /L)	22	22	22,7	18
Eficiência de remoção de matéria orgânica, considerando a DQO filtrada do efluente (%)	85,7	91,4	91,6	89,4
NTK efluente (mg N/L)	1,6	3,1	1,96	2,8
Eficiência de remoção de NTK (%)	96,5	94,6	97,4	96,9
N Amoniacal efluente (mg N/L)	< 1	< 1	< 1	< 1
Eficiência de remoção de N amoniacal (%)	99,5	95,8	98,2	~100,0
Nitrato reator anóxico (mg N/L)	-	10,1	8,3	16,0
Nitrato efluente (mg N/L)	-	30,3	39,0	44,0
Nitrito reator anóxico (mg N/L)	0,21	0,85	1,42	1,3
Nitrito efluente (mg N/L)	0,10	0,81	1,43	0,08
Fósforo total efluente (mg P/L)	-	4,47	4,1	0,55
Eficiência de remoção de fósforo total (%)	-	63,4	70,2	93,7
Fósforo filtrado efluente (mg P/L)	-	-	1,8	0,15
Fe/ P total afluente	-	2,26	2,03	5,55

Obs: os resultados referem-se às concentrações médias e eficiências médias em cada etapa

As variações das concentrações do nitrato no reator anóxico evidenciam não estar havendo uma estabilização no processo de desnitrificação. A alta concentração de nitrato no efluente evidência uma boa nitrificação, já a alta concentração de nitrato no reator anóxico, uma desnitrificação ineficaz. A explicação para a não eficiência na desnitrificação é a pouca disponibilidade de matéria orgânica para a desnitrificação; uma solução seria o fornecimento de uma parcela de esgoto bruto junto ao afluente que foi pré-tratado por processo anaeróbio.

As eficiências médias de remoção de fósforo total variaram de 63,4% na etapa 2; 70,2% na etapa 3 a 93,7% na etapa 4. Já as relações médias Fe/P_{tot} do afluente foram 2,26 na etapa 2; 2,03 na etapa 3; e 5,55 na etapa 4. Constatou-se que o desempenho do sistema estava abaixo do esperado, pois segundo dados da literatura (Além Sobrinho, 1992 apud Marçal Junior, 2001) para uma relação Fe/P de 2,3 a 2,8:1 espera-se uma remoção de fósforo de 95% e para uma relação Fe/P de 1,5 a 2,1:1 uma remoção de fósforo de 85%.

Estequiometricamente a relação em peso de Fe/P é de 1,8:1, mas este valor é normalmente ultrapassado devido às reações de competição que ocorrem na água residuária com o cloreto férrico. Segundo a EPA (1987) entre os fatores que mais afetam a quantidade de cloreto férrico requerida estão: alcalinidade e pH final da água residuária; constituintes iônicos como sulfato, sódio, fluoreto, etc; quantidade e natureza dos sólidos em suspensão; microrganismos e outras espécies coloidais; relação Fe/P; a intensidade da mistura e outras condições físicas existentes nas instalações de tratamento.

As relações médias de SSVTA/SSTA foram de 0,69 na etapa 1; 0,55 na etapa 2; 0,49 na etapa 3; e 0,53 na etapa 4. A redução na relação SSVTA/SSTA é devido a mineralização do lodo, decorrente da formação do lodo químico devido à adição de cloreto férrico.



CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Da análise dos resultados obtidos durante a operação da unidade piloto de lodo ativado concluiu-se que:

1. As eficiências de remoção de matéria orgânica demonstraram que o sistema lodo ativado é excelente opção para o pós-tratamento de esgoto doméstico, atingindo valores de eficiência média de remoção, em termos de DQO total, acima de 73%;
2. Esse sistema se mostrou eficiente no processo de nitrificação, atingindo valores de eficiência média de remoção acima de 95%. Porém, não foi eficiente na remoção de nitrogênio devido a pouca disponibilidade de matéria orgânica para os organismos realizarem a desnitrificação. A alta concentração média do nitrato no efluente indicou que o processo de nitrificação ocorreu e a presença de nitrato e nitrito no reator anóxico indicou que houve problema no processo de desnitrificação. Assim, a amônia foi removida, mas o nitrogênio não, já que houve somente uma conversão da forma de nitrogênio. A solução seria o fornecimento de uma parcela de esgoto bruto junto ao afluente pré-tratado em reator anaeróbio;
3. Em relação as etapas com adição de cloreto férrico, pôde-se verificar que as remoções eficientes só foram alcançadas quando altas dosagens de FeCl_3 foram aplicadas (adição de 150 mg FeCl_3 /L no reator aeróbio, atingindo 93,7% de eficiência média de remoção de fósforo total e 0,55 mg P/L de fósforo total residual médio no efluente). Tendo em vista que a adição de cloreto férrico não reduziu a concentração de SS do efluente, pode-se considerar que a intensidade da mistura não foi suficiente para promover um contato eficaz entre flocos e o cloreto férrico. As eficiências de remoção esperadas, segundo a relação $\text{Fe}/\text{P}_{\text{total}}$ do afluente não foram alcançadas. Tal fato pode ser explicado pela necessidade de melhorar o contato do coagulante com o fósforo, pois visualmente constatou-se a perda de Fe no sobrenadante do decantador;
4. A mineralização do lodo foi decorrente da formação do lodo químico devido à adição de cloreto férrico, isto pode ser evidenciado na redução da relação SSVT/SSTA nas etapas de adição do coagulante.

Recomenda-se que seja avaliado o processo de desnitrificação com a realização de um desvio de parte do afluente do reator UASB, bem como outros pontos de aplicação do FeCl_3 para promover uma melhor mistura e conseqüentemente uma melhor eficiência de floculação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALÉM SOBRINHO, P.; JORDÃO, E. P.; CAMPOS J. R.; CYBIS L.F.; VAN HAANDEL A. C.; VON SPERLING M. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de lodo ativado. In: PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO 2. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Rio de Janeiro. ABES, 2001. p. 279 – 331.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION. Standard methods for examination of water and wastewater. 19 ed. Washington, APHA/AWWA/WEF, 1995.
3. CHERNICHARO C. A. L.; VAN HAANDEL A. C.; CYBIS L. F.; CYBIS E.F. Introdução. In: PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Rio de Janeiro. ABES, 2001. p. 19-34.
4. MARÇAL JUNIOR, E. Remoção de fósforo por adição de cloreto férrico em reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) seguido de reator anaeróbio seqüencial em batelada (RSB). São Carlos, 2001. Tese (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 87 p.
5. SINELLI, P. H. Remoção de fósforo de efluente de tratamento anaeróbio por processo físico-químico. São Paulo, 2002. Tese (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 128 p.
6. VAN HAANDELL, A.; MARAIS, G. O comportamento do sistema de lodo ativado – Teoria e aplicações para projetos e operação. Universidade Federal da Paraíba, 1999.