

AValiação DA EFICIÊNCIA DE UM REATOR ANAERÓBIO COMPACTO

A.A.O. Costa

Gerência de Recursos Naturais – CEFET-RN
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN
E-mail: ana_andrielle@yahoo.com.br

A.L.C. Araújo

Gerência de Recursos Naturais – CEFET-RN
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN
E-mail: acalado@cefetrn.br

P. M. Nobre

Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – LARHISA-UFRN
Av. Amintas Barros, 5210 Nova Descoberta CEP 59.075-250 Natal-RN
E-mail: prisciliananobre@gmail.com

RESUMO

O trabalho baseia-se na avaliação da eficiência de um reator anaeróbico compacto, uma alternativa simples e barata, que pode alcançar altos níveis de eficiência em uma estação de tratamento de esgotos totalmente anaeróbia. Situado na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do Campus da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), o reator anaeróbico é fabricado em plástico reforçado com fibra de vidro, composto por um decanto-digestor, com volume de 1.330 litros, seguido por um filtro anaeróbico com enchimento de anéis de eletroduto corrugado de plástico, com volume de 696 litros. Sua alimentação é proveniente da Residência Universitária, do Restaurante Universitário, do Pouso Universitário e do Departamento de Educação Física. Possui uma vazão de $2,5\text{m}^3$ e um tempo de detenção total de 9,8 horas, sendo 6,5 horas no reator anaeróbico e 3,3 horas no filtro anaeróbico. O sistema foi operado desde o início da sua instalação (2004) até dezembro de 2005, sendo monitorado durante apenas os 6 primeiros meses. Em outubro de 2005 foi iniciada a primeira fase dessa pesquisa através do monitoramento do sistema experimental, sem que houvesse limpeza do reator. A limpeza foi realizada no final do mês de janeiro de 2006 e as análises laboratoriais deram início na segunda semana de fevereiro de 2006, iniciando a segunda fase da pesquisa. Os principais parâmetros analisados foram: DBO, DQO, Sólidos Totais, pH, fósforo total, ortofosfato total e solúvel, sulfato, nitrogênio amoniacal e orgânico.

PALAVRAS-CHAVE: decanto-digestor; filtro anaeróbico, remoção de matéria orgânica, tratamento anaeróbico.

1. INTRODUÇÃO

A digestão anaeróbia é um processo biológico no qual um consórcio de diferentes tipos de microorganismos, na ausência de oxigênio molecular, promove a transformação de compostos orgânicos complexos (carboidrato, proteínas e lipídios) em produtos mais simples como metano e gás carbônico (PROSAB,1999). A transformação da matéria orgânica em metano é altamente desejável devido este gás apresentar baixa solubilidade na água, promovendo, desta forma, a remoção dos compostos orgânicos. Para acelerar o tratamento anaeróbio são necessárias algumas condições favoráveis: apresentar grande massa de bactérias ativas que atuam no processo da digestão anaeróbia; manter o contato do material orgânico presente no afluente com a massa bacteriana no sistema; temperatura; concentração de nutrientes; pH e alcalinidade; capacidade de assimilação de carga tóxica; sobrecargas hidráulicas; atividade metanogênica.

Na digestão anaeróbia ocorrem diversas fases, primeiramente os compostos orgânicos complexos (carboidrato, proteínas, lipídeos) são transformados em compostos orgânicos simples (açúcares, aminoácidos, peptídeos) pelas bactérias fermentativas através da hidrólise; em seguida os produtos oriundos da fase da hidrólise são convertidos, pelas bactérias fermentativas acidogênicas, em ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido láctico, gás carbônico, hidrogênio, amônia, e sulfeto de hidrogênio, além de novas células bacterianas; em seguida, as bactérias acetogênicas oxidam os produtos gerados na fase acidogênica, produzindo o hidrogênio, o dióxido carbono e o acetato que posteriormente são utilizados pelas bactérias metanogênicas para a formação do metano. Dependendo da composição do despejo a ser tratado ainda existe uma nova fase chamada de sulfetogênese, onde o sulfato, sulfeto e outros compostos sulfurados são reduzidos a sulfeto, através das bactérias redutoras de sulfato (bactérias sulforedutoras).

O tratamento anaeróbio é muito eficiente na remoção de compostos orgânicos e sólidos suspensos, apesar de não remover de forma satisfatória microorganismos patogênicos e nutrientes eutrofizantes. A vantagem deste tipo de tratamento baseia-se na ocupação de pequenas áreas, favorecendo a sua utilização em locais com falta de disposição de áreas; baixa produção de lodo, comparando com os processos aeróbios, favorecendo, desta forma, economias consideráveis no manejo e destino final desse tipo de resíduo dos sistemas de tratamento; o não consumo de energia; construção e operação simples; na possibilidade de recuperação de utilização do gás metano como combustível; e ainda de funcionar bem mesmo após longos períodos de interrupção (importante para efluentes sazonais).

1.1. Decanto digestor

Os decanto-digestores não apresentam alta eficiência, mas produzem um efluente razoável, que pode mais facilmente ser encaminhado a um pós-tratamento ou ao destino final. Comportam vantagens do processo anaeróbio, com operação muito simples e eventual e custo extremamente baixo.

Podem ser economicamente aplicados desde a pequenas vazões até a volumes médios. Além dos inúmeros pequenos tanques sépticos que atendem residências ou conjunto de prédios, tem-se também, no Brasil, já um bom número de decanto-digestores de grande porte. São reatores muito resistentes às variações do afluente e adequados para tratamento de esgotos “jovens”, que chegam na unidade de tratamento com grande parcela de sólidos decantáveis.

Nos decanto-digestores, ocorrem, simultaneamente: decantação, sedimentação e flotação dos sólidos dos esgotos e desagregação e digestão do lodo sedimentado e do material flutuante. A maior atividade biológica ocorre no lodo decantado mas a ação biológica sobre a fase líquida, devido à mistura natural do lodo ativo com os esgotos, não deve ser desprezada, sobretudo em climas quentes, porque pode ser muito significativa, dependendo do modelo do reator.

Podem anteceder variados tipos de unidades de tratamento de esgotos e é muito vantajoso quando associado às que removem matéria orgânica dissolvida. Existem aplicações de grandes tanques sépticos de câmaras em série antecedendo sistemas de pequenas lagoas de estabilização para reduzir a área necessária, melhorar o aspecto estético e facilitar o controle de odores. Contudo, para pós-tratamento dos efluentes de tanques sépticos, o mais utilizado, no Brasil, é o filtro anaeróbio.

1.2. Filtro Anaeróbio

Filtros anaeróbios são uma das formas de tratamento de esgotos mais antigas e surgiu juntamente aos filtros biológicos convencionais (Andrade Neto, 2004). Nele a água residuária escoia pelos vazios entre os corpos de enchimento, onde o lodo é imobilizado pela sua agregação.

Filtros biológicos bem dimensionados e monitorados apresentam eficiência elevada de remoção de DQO e baixo teor de sólidos no efluente. De acordo com Chernicharo (2001), este éfluente é bastante clarificado e rico em sais minerais, sendo geralmente utilizado em irrigação. Recentemente os filtros anaeróbios, vem sendo utilizados em pós-tratamento dos efluentes, principalmente efluentes oriundos de reatores anaeróbios.

As vantagens do filtro anaeróbio estão nas várias formas e dimensões, na ausência de gastos com aeração, resistência às variações do afluente (aplicação para resíduos com qualquer concentração), alta estabilidade, baixo custo e alto contato com a biomassa, favorecendo a formação do biofilme. Os preenchimentos têm a função de meio de suporte de microrganismos, dando sustentação para estes crescerem e se aglutinarem. Os tipos de preenchimentos mais usuais são as britas nº 4 e os anéis de eletroduto corrugado de plástico (conduíte), sendo o segundo mais eficiente e mais caro.

O tempo de detenção hidráulica (TDH) representa o tempo médio de permanência das moléculas de água em uma unidade de tratamento, alimentada continuamente. Calculado a partir da vazão e do volume do filtro, o tempo de detenção hidráulica vai depender do reator, da concentração do afluente e dos padrões exigidos para o efluente. É válido salientar que o aumento da remoção não está ligado diretamente ao TDH.

De acordo com Andrade Neto (2000), um sistema composto de decanto-digestor seguido de filtro anaeróbio pode operar com eficiência maior que 80% na remoção de DQO total e 90% na remoção de sólidos suspensos. Estudos que observaram o desempenho de filtros anaeróbios afogados, com volumes idênticos mas com diferentes materiais de enchimento, conclui-se que os vários tipos de enchimentos utilizados apresentaram eficiência muito próximas.

A avaliação da eficiência de uma estação de tratamento de esgoto anaeróbia compacta, composta por um decanto-digestor e um filtro anaeróbio, na remoção de sólidos suspensos, demanda química de oxigênio constatou que durante os seis meses de pesquisa, a ETE apresentou um bom desempenho na redução de sólidos suspensos e DQO: 82,2% e 89,8% respectivamente (BRITO et al, 2005).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O reator de tratamento de esgoto anaeróbio compacto faz parte do sistema experimental do PROSAB, que fica localizado Campus da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), em Natal/RN (5°47'42" de latitude sul e 35° 12' 34" de longitude oeste). O esgoto utilizado para a operação deste sistema é essencialmente doméstico, sendo proveniente da Residência Universitárias, do Restaurante Universitário, do Pouso Universitário e o Departamento de Educação Física. O sistema de esgotamento é composto por rede coletora e tanque pulmão, onde a vazão total é dividida entre os experimentos localizados da ETE, entre eles, o reator compacto.

O sistema em estudo consiste em uma unidade compacta, fabricada em plástico reforçado com fibra de vidro, composta por um digestor anaeróbio, que aproveita funções dos decanto-digestores e dos reatores de manta de lodo em um mesmo reator, seguido por um filtro anaeróbio com enchimento de anéis de eletroduto corrugado de plástico. As Figuras 1 e 2 mostram uma vista geral do sistema e da parte interna e a Tabela 1 mostra as características físicas e operacionais do sistema.



Figura 01: Vista geral do sistema
Fonte: Prisciliana Medeiros Nobre

Figura 02: Vista da parte interna do sistema
Fonte: www.hemfibra.com.br

Tabela I – Características físicas e operacionais do reator compacto.

Características	Reator	
	Decanto-digestor	Filtro anaeróbio
Volume (litros)	1.330	696
TDH (horas)*	6,5	3,3

* baseados na vazão média medida durante a pesquisa, aproximadamente 2,5 m³/dia.

O esgoto chega ao digestor anaeróbio pela parte superior, através de tubulação em PVC e é direcionado para o fundo do mesmo através de um tê prolongador que se encontra centralizado, garantindo assim o contato direto com a camada de lodo ativo e forçando um fluxo ascendente. O esgoto afluente, ao seguir um fluxo ascendente, sofre a ação da manta de lodo, propiciando a remoção da matéria orgânica (BRITO et al, 2005). No filtro anaeróbio, a distribuição do esgoto é homogênea, ou seja, distribuída por toda a área superficial do filtro. Passando a placa difusora, o esgoto, seguindo um fluxo ascendente, percola o leito de contato formado por anéis de eletroduto corrugado de plástico, contato permitindo um acúmulo de grande quantidade de biomassa. O reator dispõe de duas tampas superiores de simples encaixe para inspeção e limpeza, facilitando o acesso para o descarte de excesso de lodo gerado no processo.

Operado com vazão de 2,5 m³/dia desde o início da sua operação (2004) até dezembro de 2005, sendo monitorado durante apenas os 6 primeiros meses. Em outubro de 2005, foi iniciada a primeira fase dessa pesquisa através do monitoramento do sistema experimental, sem que houvesse limpeza do reator. Nessa fase foram coletadas semanalmente amostras do esgoto bruto e do efluente tratado, sendo determinado os seguintes parâmetros: DBO, DQO, Sólidos Suspensos, Temperatura e pH, atendendo aos padrões do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 1999).

A limpeza do reator foi realizada no final do mês de Janeiro de 2006, dando início a 2ª fase da pesquisa, onde as análises laboratoriais deram início na segunda semana de fevereiro de 2006. Sendo analisados os seguintes parâmetros: DBO, DQO, Sólidos Suspensos, Sólidos Totais, pH, Fósforo Total, Sulfato, Temperatura. A 3ª fase da pesquisa foi realizada continuando com as mesmas vazões, conseqüentemente os mesmos Tempos de Detenção Hidráulica, e acrescentados os parâmetros a serem analisados: Amônia, Nitrogênio Orgânico. Para facilitar a demonstração de resultados, a 2ª e 3ª fase será denominada apenas como 2ª fase.

Os pontos de coleta da amostra é localizado na entrada do reator anaeróbio de manta de lodo, sendo coletado esgoto bruto, e outro na saída do filtro anaeróbio, saída da Estação de Tratamento de Esgoto compacta, sendo coletado o esgoto tratado.

Tabela II: Variáveis, métodos e referências analisadas

Variáveis – Líquido	Métodos	Referência
pH	Potenciométrico / Eletrométrico	APHA et al. (1998)
DBO total e solúvel (mg/L)	Frascos padrões	APHA et al. (1998)
Sólidos suspensos (mg/L)	Espectrofotometria	HACH (1991)
Sólidos totais (mg/L)	Gravimétrico	APHA et al. (1998)
Ortofosfato solúvel (mg P/L)	Cloreto estanhoso	APHA et al. (1998)
Fósforo total (mg P/L)	Digestão ácida	APHA et al. (1998)
DQO total e solúvel (mg/L)	Refluxação fechada	APHA et al. (1998)
Amônia	Destilação prévia e nesslerização	APHA et al. (1998)
Nitrogênio Total Kjeldhal	Destilação	APHA et al. (1998)

Sulfato	Método turbidimétrico	APHA <i>et al.</i> (1998)
---------	-----------------------	---------------------------

A análise estatística foi aplicada a todas as variáveis para caracterização do esgoto bruto afluente e efluente do reator nas diversas datas de amostragem do período de monitoração. Os resultados obtidos serão submetidos ao tratamento estatístico usando o programa Estatística for Windows 7.0. Os dados foram submetidos primeiramente à estatística descritiva para obtenção dos valores de tendência central e desvios padrões.

3. RESULTADOS

A temperatura é um dos fatores ambientais mais importante na digestão anaeróbia, uma vez que afeta os processos biológicos de diferentes formas. Para uma boa eficiência do tratamento a temperatura do sistema deve ser superior a 25° C. Com relação ao pH, o crescimento satisfatoriamente das bactérias ocorre numa faixa de 6,5 e 8,2. A tabela III mostra a média de temperatura e pH obtida durante toda a experiência, condizendo com os valores para um bom desempenho do sistema.

Tabela III: Médias de temperatura e pH

Fase	Temp		pH	
	EB	ET	EB	ET
1ª fase	25,88	25,93	7,24	6,50
2ª fase	27,33	27,26	7,14	6,83

Como resultado da eficiência de remoção de DBO na primeira fase, caracterizada pelo sistema nunca ter passado por um processo de limpeza, foi construído a figura 3. Observa-se que a tendência da remoção de DBO foi decair devido o sistema ter ficado em sobrecarga.

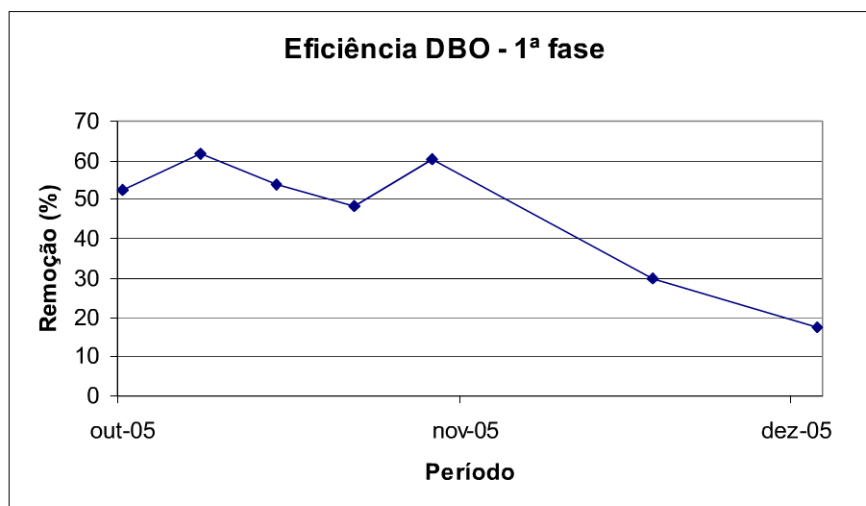


Figura 3: Eficiência na remoção de DBO na 1ª fase

Com relação a DQO, a figura 4 mostra que a remoção foi diminuindo, pois o sistema sobrecarregado começa a liberar lodo, aumentando a quantidade de matéria orgânica no efluente final.

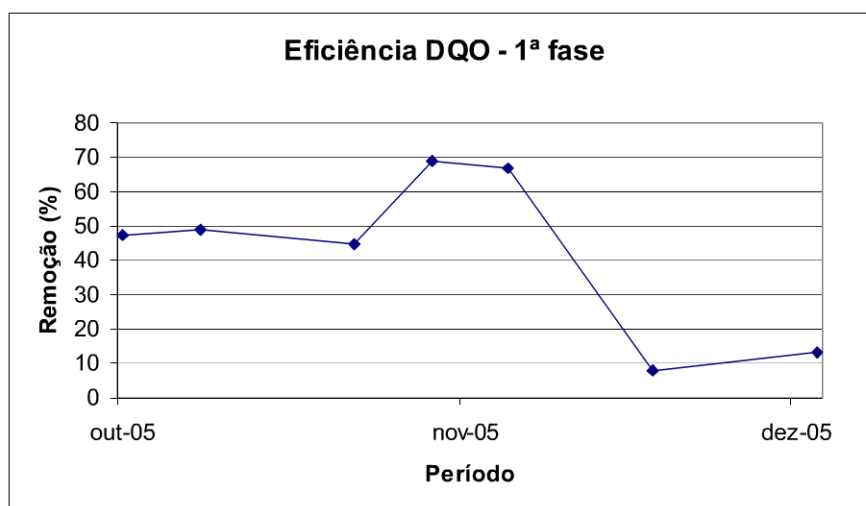


Figura 4: Eficiência na remoção de DQO na 1ª fase

Já com relação aos sólidos suspensos, no início da avaliação foi observada uma boa remoção, como mostra a figura 5, mas com o sistema entrando em sobrecarga começou a ter uma baixa eficiência na remoção. Isto se deve a um grande acúmulo de sólidos (formação do lodo) que ao em vés de ficar retido no tanque séptico deixa o filtro biológico com excesso de lodo, diminuindo a eficiência na remoção dos sólidos.

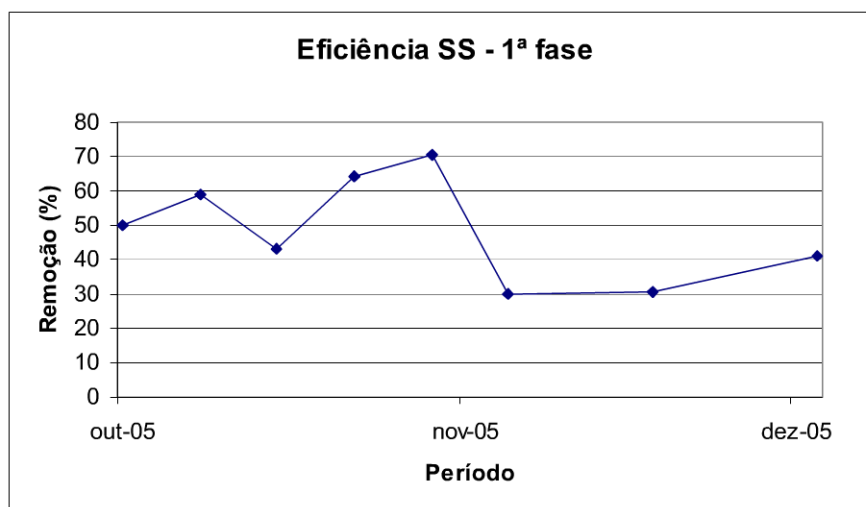


Figura 5: Eficiência na remoção de Sólidos Suspensos na 1ª fase

A segunda fase, marcada pela limpeza do reator anaeróbio compacto, a figura 6 mostra a eficiência na remoção de DBO, sendo esta um pouco superior a apresentada na 1ª fase, afirmando uma deficiência na eficiência de remoção de matéria orgânica.

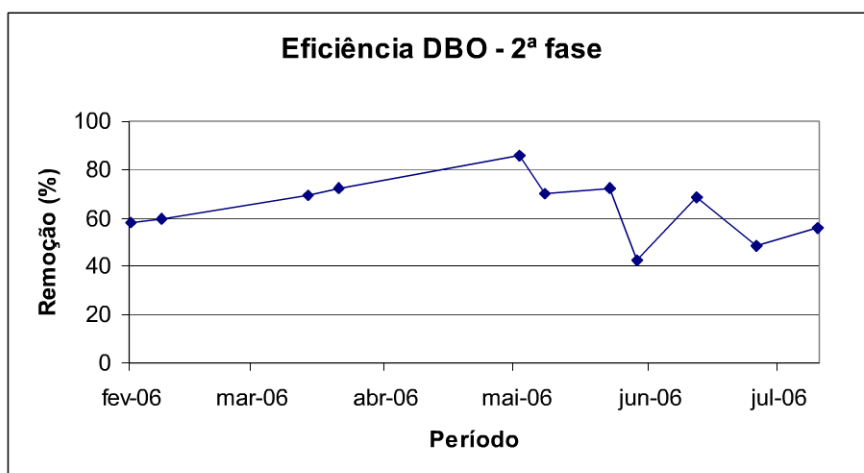


Figura 6: Eficiência na remoção de DBO na 2ª fase

Seguindo a mesma lógica da remoção de DBO, a figura 7 mostra a eficiência na remoção de DQO ocorrida no reator após a limpeza do mesmo. A eficiência foi um pouco superior à obtida na primeira fase, mas tendo um decréscimo significativo nas proximidades do mês de agosto-06.

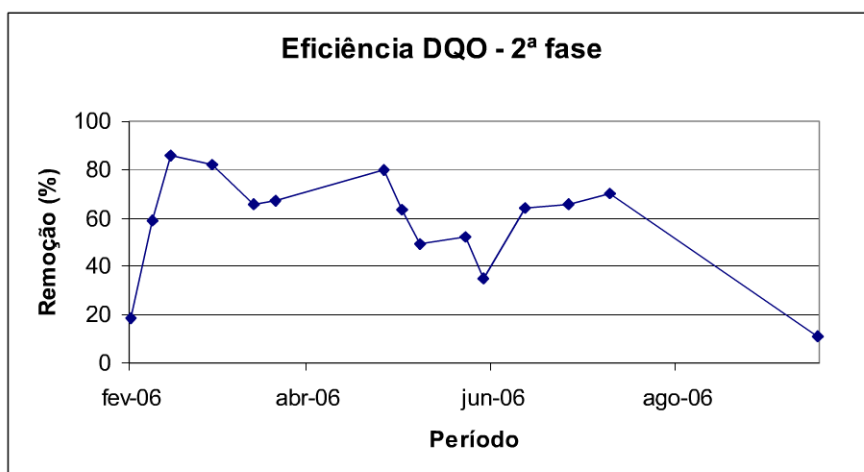
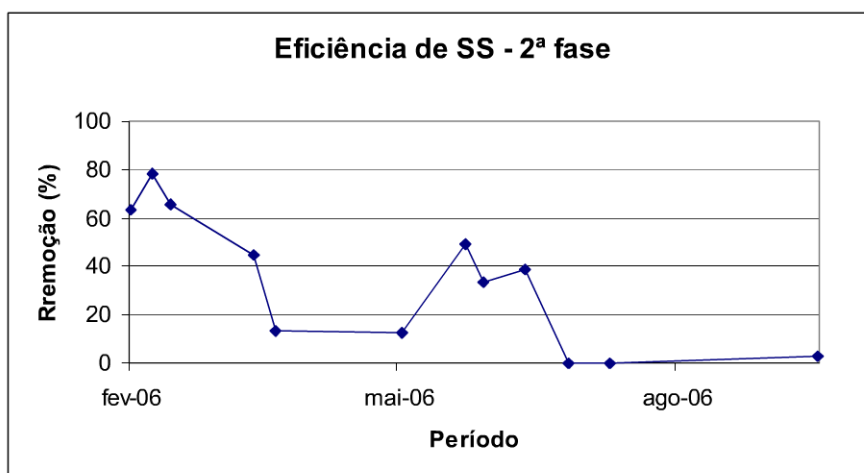


Figura 7: Eficiência na remoção de DQO na 2ª fase

A remoção de sólidos suspensos na 2ª fase foi marcada por uma maior eficiência com relação à removida na 1ª fase, mas assim como a ocorrida na remoção de DQO nas proximidades do mês de agosto houve uma queda a ponto da remoção ser igual a zero.



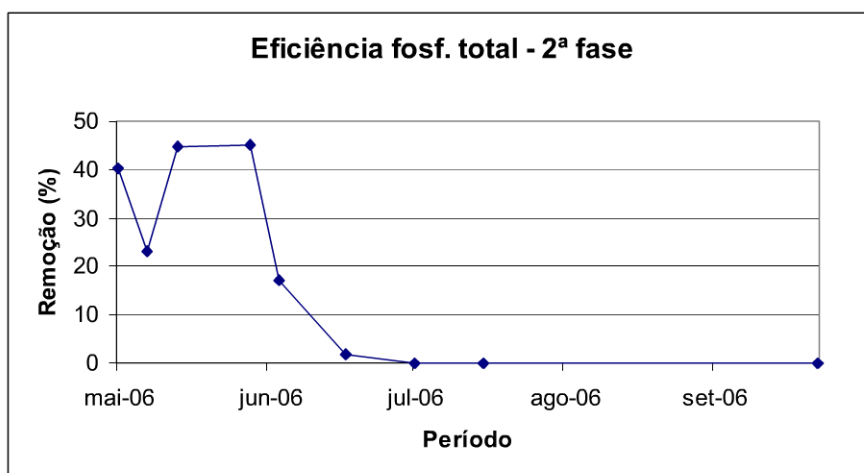


Figura 10: Eficiência na remoção de Fósforo Total na 2ª fase

A determinação de Nitrogênio total Kjeldhal é feita convertendo-se, inicialmente, todo nitrogênio orgânico presente na amostra em nitrogênio amoniacal, através de processo de digestão a quente. Em seguida, procede-se à destilação, de maneira a se obter a solução contendo N-amoniacal. A figura 11 mostra a remoção do Nitrogênio Kjeldhal. Quando ao Nitrogênio amoniacal, dentro do reator estava havendo amonificação, portanto não houve remoção de amônia, devido a grande quantidade de matéria orgânica não degradada dentro do reator.

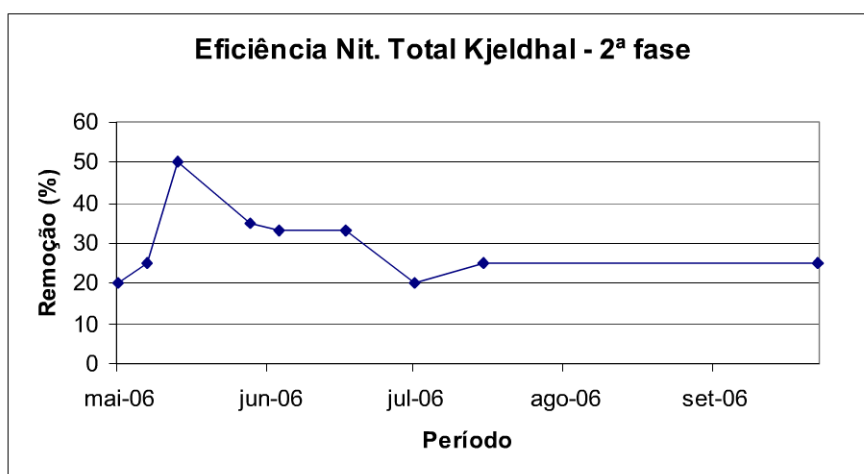


Figura 11: Eficiência na remoção de Nitrogênio Orgânico na 2ª fase

A figura 12 apresenta a eficiência na remoção de Sólido Total na 2ª fase. Observa-se que a remoção tendeu a decair devido os sólidos que deveriam ficar retidos no tanque séptico passaram para o filtro biológico deixando-o com excesso de lodo.

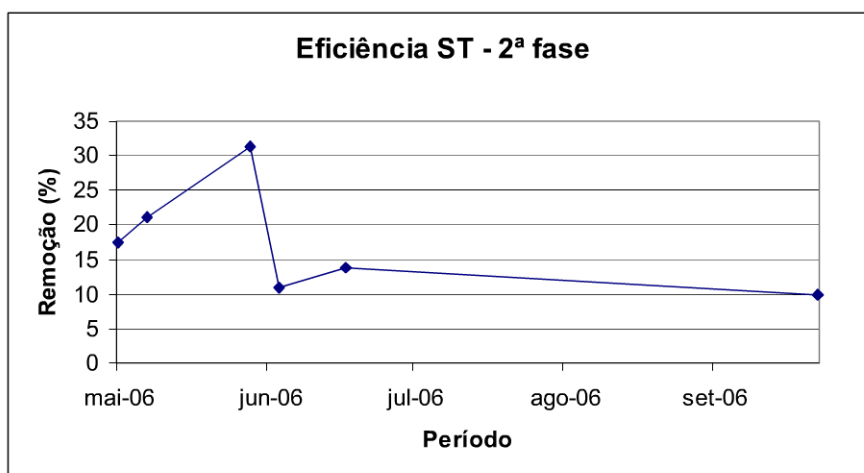


Figura 12: Eficiência na remoção de Sólido Total na 2ª fase

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, os valores de remoção obtidos durante o período de pesquisa estão abaixo das expectativas mostrados pela literatura. A literatura apresenta remoções de BDO na faixa de 75 a 95%, sendo a maior remoção obtida em locais de temperaturas superiores a 25°C, caso da temperatura utilizada na experiência; remoções de DQO superiores a 80% e com relação aos sólidos suspensos a maioria das pesquisas demonstram remoções superiores a 90%. Portanto para obtenção de melhores resultados será necessário um aumento no tempo de detenção hidráulico do sistema ou um pós-tratamento para o efluente.

No início da avaliação com relação aos nutrientes houve remoção nas primeiras análises realizadas, mas essa remoção passou a decrescer, sendo, portanto, não significativa. O nitrogênio amoniacal e o ortofosfato solúvel não apresentaram remoções significativas, devido ao lodo que o reator estava liberando.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE NETO, C. O.; MELO, H. N. S.; PEREIRA, M. G.; LUCAS FILHO, M., (2000). **Filtros Anaeróbios com Enchimento de Diferentes Materiais.. Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios: coletânea de trabalhos técnicos.** p.75-86 Projeto PROSAB. 2000.

ANDRADE NETO, C O de. **Filtro Anaeróbio Aplicado ao Tratamento de Esgoto Sanitário.** Tese (Doutorado em Recursos Naturais) Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande: UFCG, 2004

APHA, AWWA and WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 18 ed. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, Washington, D.C. 1998.

BRITO, L. P.; ANDRADE NETO, C. O. de.; COSTA, C. G.; LIMA, A. D.; NÓBREGA, A.K. C. **Avaliação da eficiência de uma ETE anaeróbia compacta na remoção de sólidos suspensos, DQO e turbidez.** XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande – MS, 2005.

CAMPOS, J. R. (coordenador) et all. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processos Anaeróbios e Disposição Controlada no Solo.** Rio de Janeiro: ABES – PROSAB, 1999. 464 p.

CHERNICHARO, C. A. de L. (coordenador). **Pós Tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Projeto PROSAB, Belo Horizonte, FINEP. 2001.