

II-083 - ESTUDO DO EFEITO DA ADIÇÃO DE MATERIAL SUPORTE PARA ADESÃO CELULAR EM REATOR ANAERÓBIO DE LEITO FIXO PILOTO

Rodrigo Alves dos Santos Pereira ⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Escola de Engenharia da UFF. Analista de Planejamento e Desenvolvimento do Grupo Águas do Brasil S/A.

André Lermontov

Engenheiro Químico pela Escola de Química da UFRJ. Mestre em Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da UFRJ. Doutor em Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da UFRJ. Gerente de Tecnologia do Grupo Águas do Brasil S/A com mais de 16 anos de experiência em saneamento ambiental, tratamento de água e efluentes.

Moacir Messias de Araujo Junior

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Diretor Técnico da Bio Proj Tecnologia Ambiental.

Endereço⁽¹⁾: Rua Marquês do Paraná, 110 - Centro - Niterói - RJ - CEP: 24030- 211 - Brasil - Tel: +55 (21) 2729-9200 - e-mail: rodrigo.pereira@grupoaguasdobrasil.com.br

RESUMO

Os recursos hídricos são indispensáveis para sobrevivência humana, bem como para o seu desenvolvimento. No entanto, a disposição inadequada de resíduos provenientes de atividades humanas, como efluentes sanitários e resíduos, ameaçam a qualidade das águas. Sendo a temática que representa grande desafio para o Brasil, o tratamento de efluentes sanitários, que encontra sua infraestrutura defasada, necessitando de ampliações para atender a constante demanda, em função do crescimento populacional. Nesse sentido, o presente trabalho tem como foco o tratamento de efluentes sanitários, em específico pela digestão anaeróbia, utilizando um meio suporte para adesão de biomassa, fornecido e produzido pela Bio Proj Tecnologia Ambiental. Foi realizada uma investigação experimental no município de Jaú, nas dependências da Sanej, que teve início no dia 15 de julho de 2011 e fim em 31 de janeiro de 2012, utilizando uma estação de tratamento de esgoto (ETE) em escala reduzida, possuindo um reator anaeróbio de leito fixo e um seletor aeróbio, ambos contendo o Biobob® em seus interiores. Inicialmente o reator não foi inoculado com biomassa, esperando o seu crescimento natural ao longo do experimento. No decorrer do projeto a vazão foi aumentada gradativamente para a verificação do limite de eficiência de tratamento com o Biobob®, sendo a vazão inicial de 3,6m³/d, com um tempo de detenção hidráulica de 13,2h. Na fase em que a biomassa já se encontrava estabilizada foram obtidas as eficiências de 63%,1 para remoção de DBO, 53,4% para remoção de DQO, 64,1% para remoção de sólidos suspensos totais, e 25% para remoção de sólidos totais, com vazão média de 16,4m³/d e tempo de detenção hidráulica de 2,93h. Com base no exposto, acredita-se que o Biobob possa ser aplicado com sucesso como solução para ampliação de capacidade instalada de ETEs, e também para o tratamento em pequenas comunidades, que se encontram afastadas dos centros urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: Reatores anaeróbios, material suporte, digestão anaeróbia, eficiência.

INTRODUÇÃO

O tratamento de esgotos sanitários, que é o foco do presente trabalho, da maneira que hoje é concebido tem por objetivo potencializar a digestão da matéria orgânica, uma vez que isso já é feito naturalmente no leito do rio, através do potencial de autodepuração de cada corpo hídrico. Com uma concentração de bactérias nas estações de tratamento de esgoto (ETE) superior ao encontrado naturalmente nos rios, o processo é realizado de maneira mais rápida e possibilita o descarte adequado para o efluente, buscando atender as exigências da CONAMA 430/2011.

Essa temática ainda se apresenta como um grande desafio para o Brasil, uma vez que é um país ainda em desenvolvimento, com um intenso crescimento populacional. As obras de infraestrutura necessárias, em saneamento, não conseguem acompanhar o crescimento, o que resulta em precariedade do serviço. Segundo a

Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008, somente 28,5% dos municípios realizam algum tipo de tratamento de efluentes sanitários (IBGE, 2010).

Segundo ARAUJO JR et al., a maior parte das estações de esgoto sanitário em operação no Brasil se depara com dois fatores principais em sua gestão e sustentabilidade socioeconômica:

- a) O gerenciamento e disposição adequada do lodo biológico gerado;
- b) A necessidade de se aumentar a capacidade de tratamento para acompanhar o crescimento populacional.

As soluções que consigam contemplar os itens acima expostos são de grande interesse do setor no Brasil. (ARAUJO JR, *et al.*, 2011).

Os reatores anaeróbios, que são o objeto de estudo do presente trabalho, devido ao seu baixo custo operacional e geração de lodo reduzida, tem aparecido como uma das principais opções ao tratamento de efluentes sanitários e visando a remoção de matéria orgânica. Apesar das vantagens expostas, os reatores anaeróbios dificilmente atendem aos padrões de qualidade estabelecidos pelos órgãos ambientais, além de baixa eficiência para remoção de nutrientes, necessitando de um pós-tratamento.

A utilização de material suporte, para imobilização da biomassa, no interior de reatores que possuam processos biológicos é uma das maneiras utilizadas para aumentar a capacidade de tratamento, pois a massa bacteriana é aumentada. Além disso, há uma redução da velocidade de crescimento celular, pois o substrato passa a ser o fator limitante nos processos de produção celular.

OBJETIVO DO TRABALHO

Utilizar o meio suporte Biobob®, produzido pela Bio Proj, no interior de um reator anaeróbio de fluxo ascendente e verificar a eficiência do material na remoção de matéria orgânica e de sólidos no tratamento de efluentes sanitários.

MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação experimental ocorreu nas dependências da Sanej, no período de 15 de julho de 2011 até 31 de janeiro de 2012. A instalação piloto conta com um reator anaeróbio de fluxo ascendente e com reator aeróbio, e foi alimentada com o esgoto bruto afluente a ETE após o sistema de tratamento preliminar, com uma vazão inicial de 3,6m³/d. A vazão foi aumentada durante o período de experimento para a verificação do limite de eficiência de tratamento com o Biobob®.

INSTALAÇÃO PILOTO

Os reatores da planta piloto foram construídos em polipropileno com geometria cilíndrica, tendo ambos o volume útil de 2,45 m³. A aeração do reator aeróbio foi realizada por difusores tubulares de bolha fina, sendo o ar gerado por soprador de lóbulos rotativos. Conforme mostrado na Figura 1.



Figura 1 – Instalação Piloto

SUPORTES PARA IMOBILIZAÇÃO DE BIOMASSA

Como suporte para imobilização de biomassa foi utilizado o produto comercial Biobob®, apresentado na Figura 2.



Figura 2 - Biobob® produzido pela Bio Proj
Fonte: Bio Proj Tecnologia Ambiental, 2011.

A sua principal característica é possuir uma alta área superficial ($270 \text{ mil m}^2/\text{m}^3$), o que lhe garante alta eficiência na imobilização celular.

O Biobob® consiste em uma matriz de espuma de poliuretano envolta por uma estrutura rígida de polipropileno, especialmente desenvolvidos para este fim. A sua geometria é cilíndrica, tendo 45 mm de diâmetro e 60 mm de altura. Na estação piloto, foram utilizados em ambos os reatores, anaeróbio e aeróbio, um volume de Biobob® igual a $1,5 \text{ m}^3$.

ESGOTO SANITÁRIO

O esgoto sanitário afluente a ETE Piloto é o mesmo esgoto bruto que alimenta a estação de tratamento de esgoto. As características são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição média do esgoto bruto ao longo do experimento

Parâmetros	Valores médios
pH	7,0
DQO Bruta	425 mg/L
NTK	30 mg/L
N-NH ₄ ⁺	18 mg/L
Sólidos Totais	570 mg/L
Sólidos Suspensos Totais	201 mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	153 mg/L

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente o reator anaeróbio de leito fixo não foi inoculado com biomassa, dessa forma podemos perceber, durante a primeira etapa, o crescimento da colônia de bactérias responsáveis pela degradação anaeróbia da matéria orgânica presente no efluente sanitário.

A vazão afluyente a ETE piloto foi gradativamente aumentada durante o experimento, visando descobrir qual a maior vazão que o reator anaeróbio seria capaz de tratar sem que os houvesse perda significativa na eficiência de tratamento. A variação da vazão pode ser vista na Figura 3.

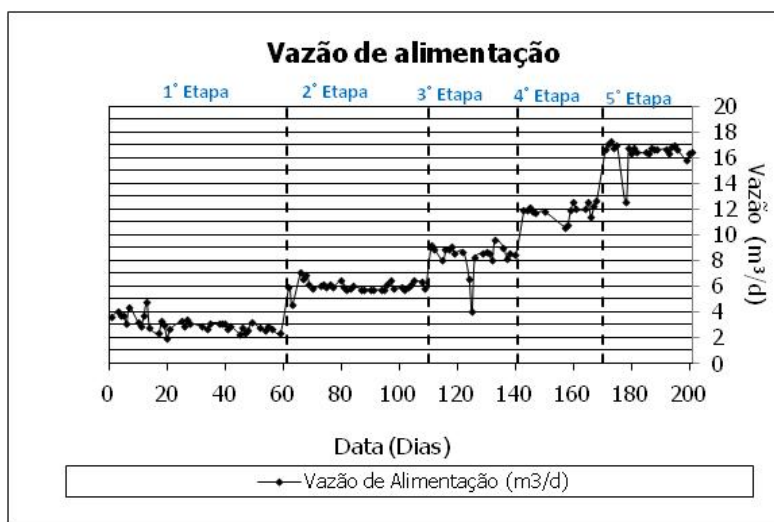


Figura 3 - Vazão de Alimentação do Reator Anaeróbio de Leito Fixo

Com o aumento da vazão ao longo do experimento o tempo de detenção hidráulica foi reduzido, ao final dos testes o reator anaeróbio piloto operava com 2,9 de tempo de detenção hidráulica, como pode ser observado na Figura 4.

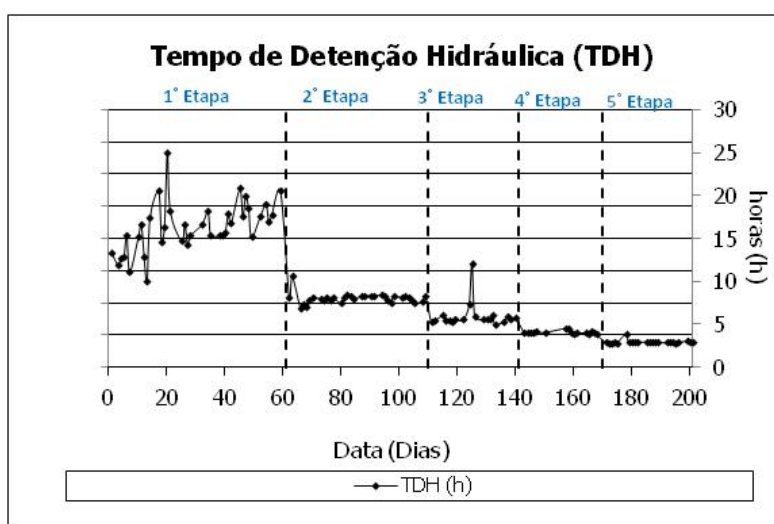


Figura 4 - Tempo de Detenção Hidráulica do Reator Anaeróbio

Segundo CHERNICHARO, 1997, os reatores anaeróbios devem ser operados em temperaturas, preferencialmente, superiores a 20°C. A temperaturas inferiores o processo de solubilização de gorduras, do material particulado e de polímeros orgânicos é lenta, podendo constituir etapa limitante do processo. Podemos então observar na Figura 5 temperatura no interior do reator anaeróbio. O reator operou acima da temperatura sugerida como mínima durante a maior parte do experimento.

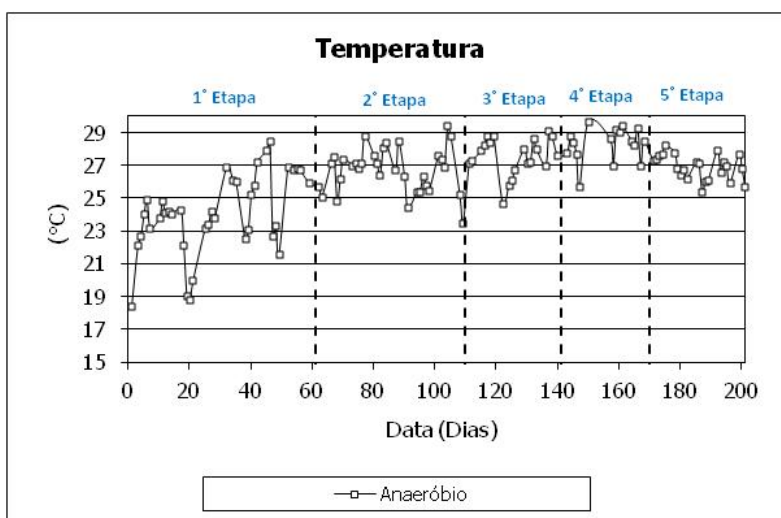


Figura 5 - Temperatura no Interior do Reator Anaeróbico

Segundo SPEECE (1996), o reator deve ser operado em pH entre 6,5 e 8,2, o que representaria a faixa de crescimento ótimo para as bactérias metanogênicas. A Figura 6 mostra que o reator operou dentro da faixa estabelecida pelo autor.

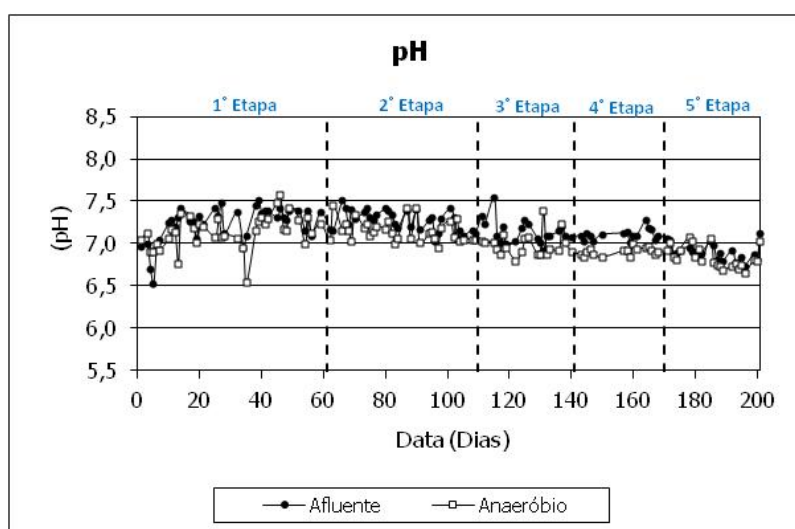


Figura 6 - pH do Afluente e do Reator Anaeróbico

A DBO do afluente e do reator anaeróbico pode ser observada na Figura 7. Durante a primeira etapa do experimento é possível notar que a remoção de DBO pelo reator quando ocorria era muito baixa. A causa dessa baixa eficiência foi a não inoculação de biomassa no reator, optando-se por deixá-la crescer durante o período de testes. Após a primeira etapa o reator começa a apresentar aumento em sua eficiência como pode ser observado na Figura 8. Ao final, na quinta etapa, após a estabilização das bactérias, o reator apresentou remoção de DBO média de 63,1%.

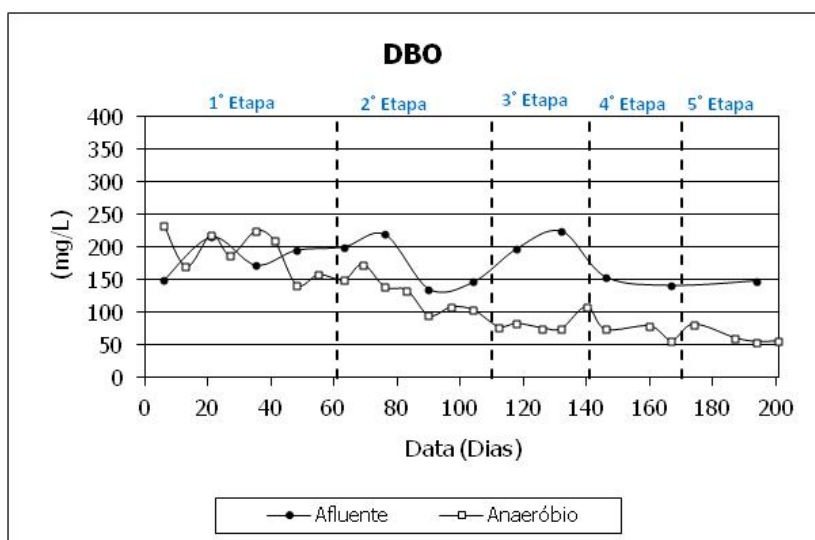


Figura 7 - DBO Afluente e Após Saída do Reator Anaeróbio

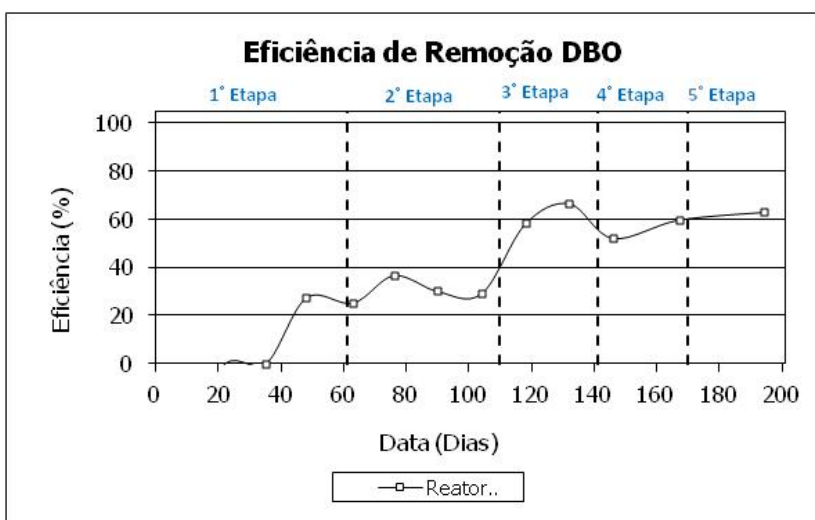


Figura 8 - Eficiência da Remoção de DBO pelo Reator Anaeróbio

O mesmo ocorrido para a DBO pode ser observado para as análises de DQO, porém como essa é uma análise feita em menor tempo temos uma quantidade maior de dados para corroborar o que foi apresentado para a DBO. A Figura 9 mostra a série de dados de DQO afluente e após o tratamento do reator anaeróbio de leito fixo.

A eficiência de remoção de DQO, assim como a eficiência de remoção de DBO, após a primeira etapa tornou-se mais estável, e na fase final, a partir do dia 170, do experimento apresentava eficiência média de 53,9%. A eficiência máxima registrada foi de 77%, a variação ao longo do experimento pode ser observada na Figura 10.

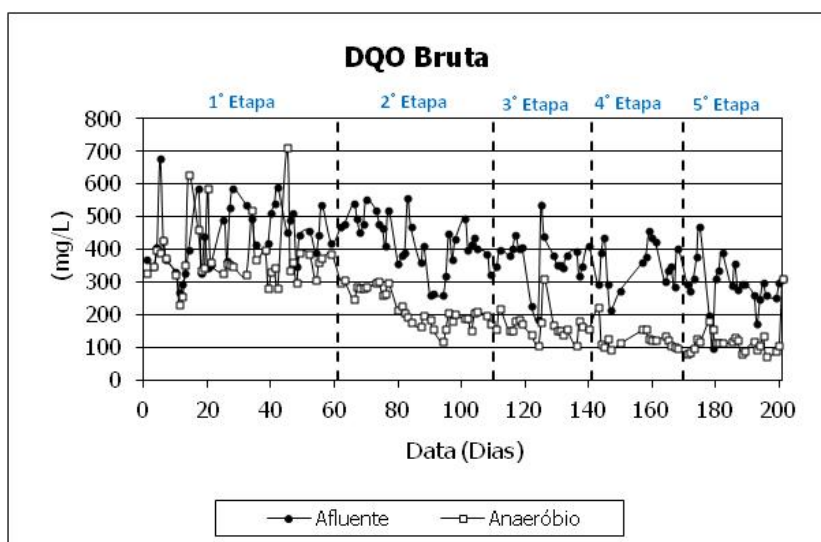


Figura 9 - DQO Afluente e Após a Saída do Reator Anaeróbio

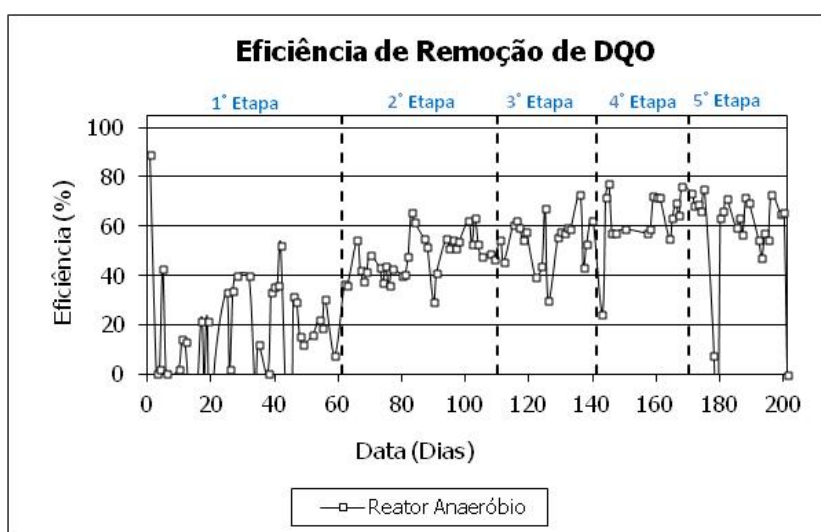


Figura 10 – Gráfico da Eficiência da Remoção de DQO pelo Reator Anaeróbio

Na Figura 11 é apresentada a relação entre a carga volumétrica aplicada ao reator anaeróbio e a vazão de alimentação. É possível observar que mesmo com um grande aumento de vazão, a carga aplicada no reator anaeróbio sofreu pouca alteração.

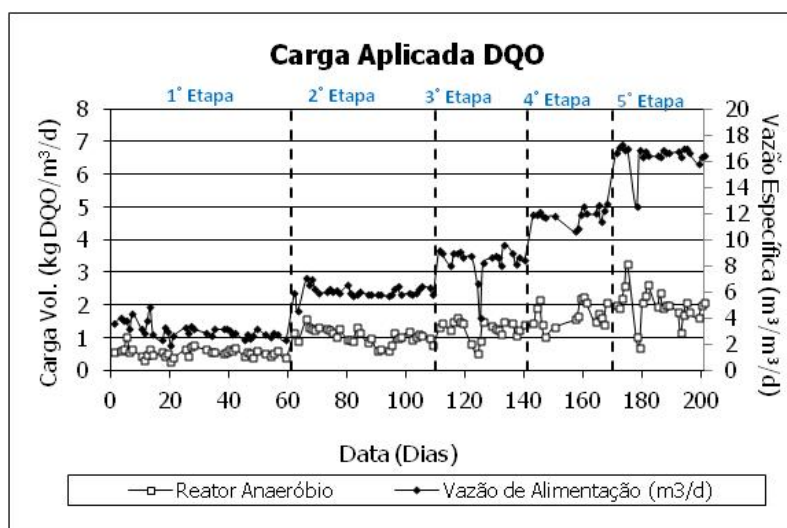


Figura 11 – Gráfico de Carga Aplicada e Vazão de Alimentação

Os sólidos suspensos totais, afluente e na saída do reator anaeróbico podem ser vistos na Figura 12. Novamente, mesmo com o aumento da vazão, a remoção de sólidos em suspensão foi bem assimilada pelo reator, apesar de na primeira etapa haver grande oscilação, em função da não inoculação da biomassa. No final, a partir do dia 170, o reator apresenta eficiência média de 64,1%. Em alguns momentos o reator apresentou problemas de ordem operacional, descartando sólidos. A eficiência na remoção de sólidos suspensos totais pode ser observada na Figura 13.

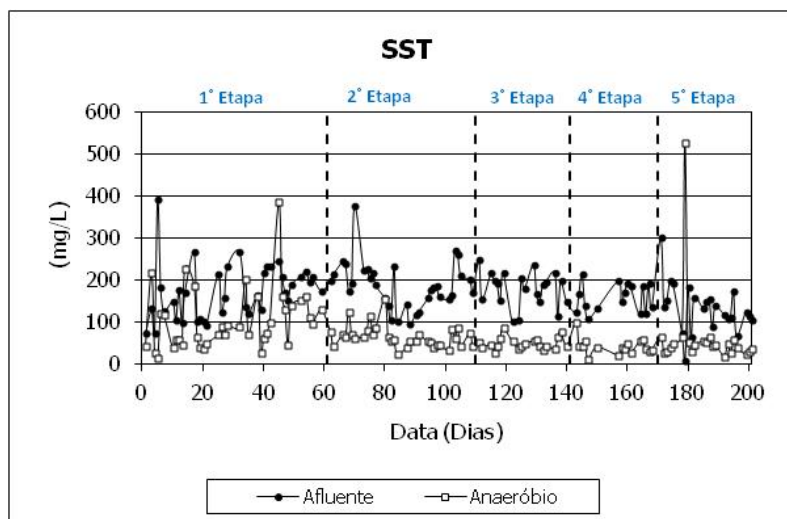


Figura 12 - Sólidos Suspensos Totais - Afluente e Após o Reator Anaeróbico de Leito Fixo

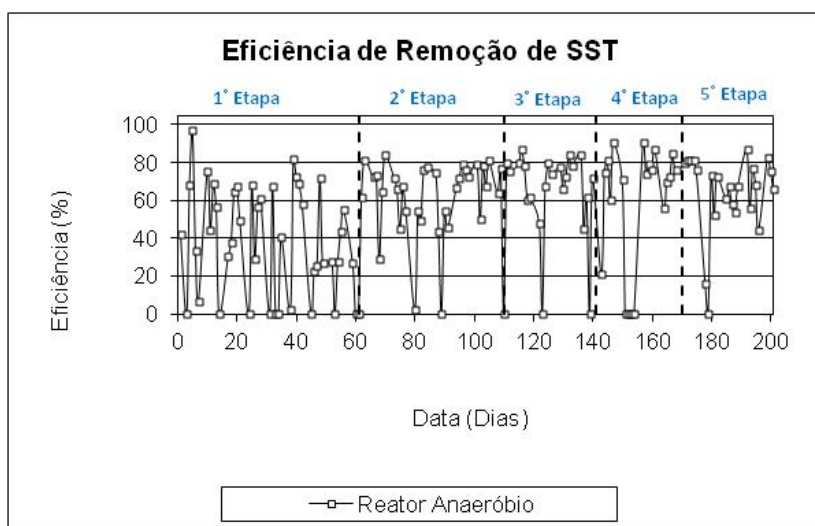


Figura 13 - Eficiência de Remoção de Sólidos Suspensos Totais pelo Reator Anaeróbio

Em relação aos sólidos totais, o comportamento durante o experimento pode ser observado na Figura 14, tanto para o afluente quanto para a saída do reator anaeróbio. O reator mostrou um desempenho similar, mesmo com o aumento gradativo da vazão de alimentação do sistema, durante o período experimental. A eficiência na remoção de sólidos totais média, após o período de estabilização, ou seja, os últimos 30 dias, foi de 25%. As eficiência no decorrer do experimento pode ser vista na Figura 15.

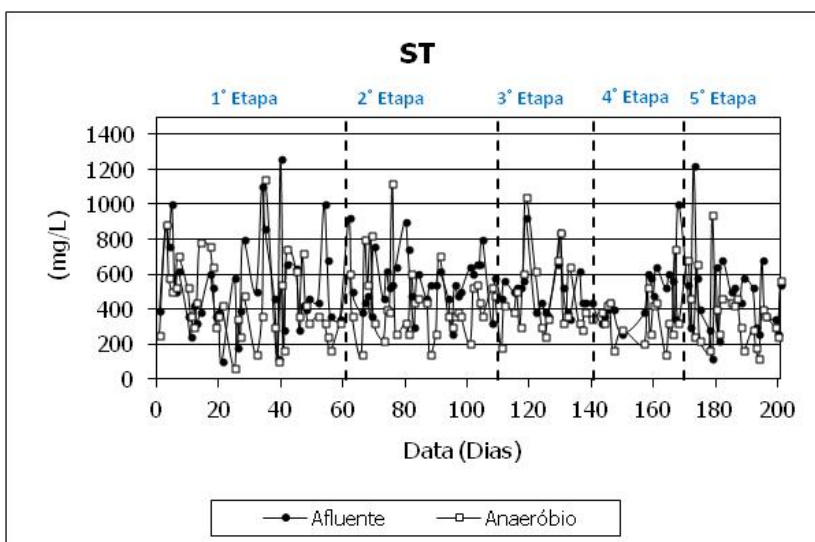


Figura 14 - Sólidos Totais - Afluente e Após o Reator Anaeróbio de Leito Fixo

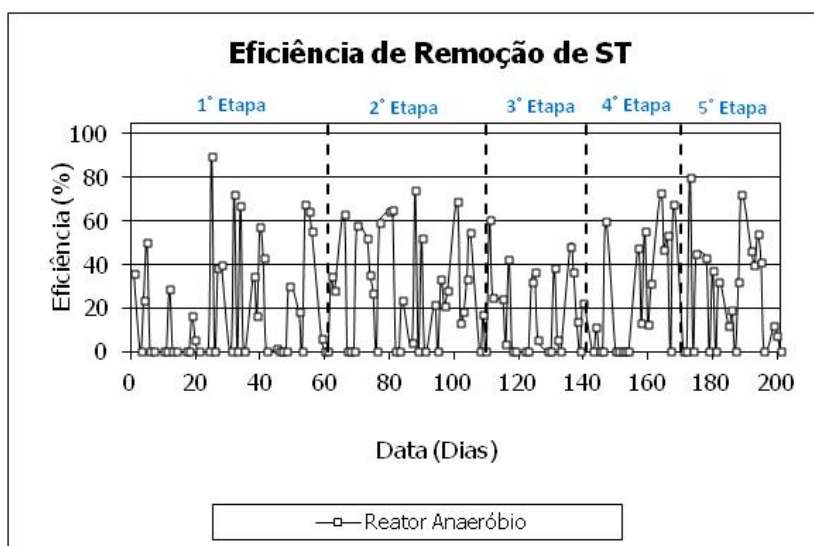


Figura 15 - Eficiência de Remoção de Sólidos Totais

O efluente do reator anaeróbio ainda não atende aos padrões requisitados em legislação, sendo de fato necessário um pós-tratamento do efluente.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho buscou avaliar a capacidade de tratamento de um reator anaeróbio de leito fixo utilizando o material suporte Biobob, produzido pela Bio Proj Tecnologia Ambiental.

O estudo experimental utilizando as mídias Biobob mostrou-se satisfatório, uma vez que o reator anaeróbio, mesmo com aumento da vazão de alimentação, conseguiu obter eficiências médias, após a estabilização das bactérias, de 63%,1 para remoção de DBO, 53,4% para remoção de DQO, 64,1% para remoção de sólidos suspensos totais, e 25% para remoção de sólidos totais. E ainda, operando, nos últimos 30 dias, com tempo de detenção hidráulica de aproximadamente 2,9 horas, sendo o recomendado para reatores desse tipo um tempo de detenção hidráulica entre 6 e 8 horas.

Dessa maneira, o reator mostrou ser compacto, uma vez que foi capaz de tratar uma vazão média de 16,4m³/d, com carga média de 1,94kgDQO/m³/d em um tempo de detenção hidráulica abaixo do recomendado.

Com base no exposto, acredita-se que o Biobob possa ser aplicado com sucesso como solução para ampliação de capacidade instalada de ETEs, e também para o tratamento em pequenas comunidades, que se encontram afastadas dos centros urbanos.

O presente estudo não contemplou análises relativas ao processo de remoção de nutrientes, como nitrogênio e fósforo. Dessa maneira, sugere-se que em próximos trabalhos seja avaliada a sua eficiência nesse quesito para o processo como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA) (@005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21.ed. Washington.
2. ARAÚJO JR M. M.; LERMONTOV A.;MASSETTO R.; ARAÚJO P.L. DA S.; OLIVA A. D. (2011) – “Estudo do Efeito da Adição de Material Suporte para Adesão Celular em Reator de Lodos Ativado Tipo CASS (Cyclic Activated Sludge System) Tratando Esgoto Sanitário Municipal”. Anais 26o Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, RS.
3. CHERNICHARO, C. A. DE L., “Reatores Anaeróbios”. Princípios do tratamento Biológico de Águas Residuárias. DESA/UFMG. Belo Horizonte – MG, volume 5, 1997.

4. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (2011) – “Resolução CONAMA nº 430/2011”. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> >. Acessado em maio de 2012.
5. FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS – FINEP- (2001), “Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios”. “Capítulo 1”. Programa de Pesquisas em Saneamento Básico – PROSAB. Disponível em: < <http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabCarlos/Cap-1.pdf>>. Acessado em maio de 2012.
6. FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS – FINEP- (2001), “Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo”. Programa de Pesquisas em Saneamento Básico – PROSAB. Disponível em: < <http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosabcamposfinal.pdf>>. Acessado em maio de 2012.
7. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO (1976) – “Decreto 8.468/1976”. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf>>. Acessado em maio de 2012.
8. PORTAL BIO PROJ TECNOLOGIA AMBIENTAL. Disponível em: < <http://www.bioproj.com.br>>. Acessado em maio de 2012.
9. PORTAL PREFEITURA DE JAÚ. Disponível em: < <http://www.jau.sp.gov.br>>. Acessado em maio de 2012.
10. PORTAL SANEJ. Disponível em: < <http://www.sanej.com.br>>. Acessado em maio de 2012.
11. SPEECE, R.E. 1996. “Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters.” Nashville, TN: Archae Press.
12. VON SPERLING M., “Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos”. Princípios do tratamento Biológico de Águas Residuárias. DESA/UFMG. Belo Horizonte – MG, volume.1, 1995.