



## II-041 - AMPLIAÇÃO DE UMA UNIDADE DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS POR APLICAÇÃO DE MATERIAL SUPORTE DE ELEVADA ÁREA SUPERFICIAL PARA ADESÃO DE BIOMASSA – ESTUDO DE CASO

### **Rodrigo Alves dos Santos Pereira<sup>(1)</sup>**

Mestrando em Processos Químicos e Bioquímicos na Escola de Química da UFRJ. Engenheiro Ambiental pela Escola de Engenharia da UFF. Especialista de Pesquisa e Tecnologia 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. Superintendente de Tecnologia do Grupo Águas do Brasil S/A com mais de 16 anos de experiência em saneamento ambiental, tratamento de água e efluentes.

### **Pedro Ribas Frering**

Mestre em Engenharia de Projetos pela Universidade de Bristol, Reino Unido revalidado pela UFRJ como Engenheiro Mecânico. Especialista de Pesquisa e Tecnologia do Grupo Águas do Brasil S/A.

### **Philippe Lopes da Silva Araujo**

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB/UNESP). Coordenador Operacional de Esgotos da Águas de Niterói.

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

## **RESUMO**

O Brasil possui um grande déficit na situação de tratamento de esgotos, como informado na última pesquisa do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), sendo que diversas cidades possuem elevadas taxas de ocupação demográfica, ficando restrita a implantação ou ampliação de unidades de tratamento de esgoto. Por esta razão, a concessionária de serviços de saneamento de Niterói – RJ na busca de ampliar o serviço de esgoto, realizou um projeto piloto com tecnologia de imobilização de biomassa, que validou a aplicação em larga escala e ampliação da unidade em tamanho real. A ampliação consistiu na modificação da ETE Itaipu, com uso de um reator anaeróbio híbrido (biomassa suspensa e fixa), uso de material suporte nos reatores anóxico e aeróbios, decantador secundário de alta taxa e flotador. Na primeira etapa do projeto a ETE operou com reator anaeróbio híbrido e flotador, já na segunda etapa a estação operava com todos os processos. A primeira etapa da operação teve eficiência média de remoção de DQO de 93% e remoção de sólidos de 86%, com um efluente final com concentrações médias de DQO e SST de 31 mg/l e 28,5 mg/l, respectivamente. A eficiência apresentada pela ETE operando de forma plena com todos os processos foi de 95% para remoção de DQO e 88% para remoção de SST, fornecendo um efluente com DQO de 15,5 mg/l e SST de 15,2 mg/l, adequado aos padrões de lançamentos de efluente do estado do Rio de Janeiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ampliação, reator anaeróbio híbrido, eficiência.

## **INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, uma série de novos processos e tecnologias foram desenvolvidos para o tratamento de esgoto municipal. Entretanto, o tratamento de esgoto sanitário ainda representa um grande desafio atualmente, visto que o crescimento populacional intenso, notadamente em países em desenvolvimento como o Brasil, não é acompanhado pelas obras de infraestrutura necessárias, em especial as de saneamento. Como consequência, estabelece-se uma situação de precariedade em relação à saúde da população e a conservação ambiental. No Brasil, somente 48,6% dos municípios possuem rede coletora de esgoto sanitário, e apenas 39,0% realizam algum tipo de tratamento do esgoto coletado (BRASIL, 2014). Desta forma, é de extrema importância o desenvolvimento de tecnologias eficientes e econômicas que viabilizem a aplicação de sistemas de tratamento de forma ampla e satisfatória para a melhoria das condições de saneamento.



Neste contexto, a aplicação de forma combinada de reatores anaeróbios como unidades principais de tratamento e aeróbios como unidades complementares, tem se mostrado economicamente vantajosa para o tratamento do esgoto sanitário, em função dos baixos custos operacionais quando comparados com sistemas exclusivamente aeróbios. Contudo, com o intenso crescimento populacional e o consequente aumento da vazão afluente de esgoto nestas estações, a concepção original dos reatores anaeróbios, em especial o UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), apresentam dificuldades para tratar efluentes com baixas cargas volumétricas e concentrações de sólidos, como o esgoto sanitário, onde a velocidade ascensional e a digestão da DQO particulada são as etapas limitantes do processo.

A estação de tratamento de esgoto (ETE) de Itaipu, da concessionária de saneamento do município de Niterói no Rio de Janeiro, possuía os processos descritos anteriormente e esses já apresentavam necessidade de ampliação para receber uma nova demanda populacional, em razão do crescimento das regiões. O projeto inicial previa ampliar a estação por meio da construção de outra unidade idêntica na mesma locação.

Por esses motivos, a concessionária buscou alternativas tecnológicas para aumentar a eficiência da estação sem a necessidade de obras intensivas com estaqueamento, movimentação de terra e novas edificações, visando reduzir os impactos ambientais e a pegada ambiental da unidade. A solução adotada foi o uso de material suporte para adesão celular, operado como reator híbrido (presença de biomassa suspensa e biomassa aderida), visando a remoção de matéria orgânica e retenção de sólidos em suspensão.

E com o sucesso do estudo preliminar, foi implantada a solução em escala real de maneira a garantir eficiência de tratamento de esgoto e proporcionando um efluente ambientalmente seguro.

## **OBJETIVO**

Implantar em escala real uma estação de tratamento de esgoto contendo material suporte para adesão de biomassa nos reatores UASB e aeróbio. Para avaliar a eficiência do processo em escala real foram monitorados os seguintes parâmetros: Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Sólidos Suspensos Totais (SST).

## **METODOLOGIA**

A validação da tecnologia a ser utilizada na ampliação da estação foi previamente realizada em uma estação de tratamento de esgoto (ETE) piloto, localizada nas dependências da ETE a ser ampliada metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil. A planta piloto foi projetada para reproduzir em escala reduzida o reator UASB, o reator anóxico, o reator aeróbio e o decantador da ETE (200 vezes menor), obedecendo às mesmas proporções de área e altura da estação em operação, conforme mostrado na Figura 1.



**Figura 1 - ETE Piloto**  
**Fonte: Acervo Águas do Brasil**

Após os resultados da unidade experimental confirmarem a viabilidade técnica de implantação, já publicadas em ARAÚJO (2014), foi iniciado o processo de modificação da ETE Itaipu. A ampliação foi iniciada pelo reator UASB onde foi inserida uma camada de material suporte transformando o sistema em um anaeróbio híbrido, com biomassa fixa e suspensa, que após a conclusão operou em conjunto com um flotador. Dessa forma, foi possível assegurar o serviço de tratamento de esgoto, enquanto a reforma dos reatores aeróbios e decantadores secundários era realizada.

A modificação realizada no reator aeróbio tinha como objetivo a inserção de material suporte, para tanto foi substituído o sistema de difusão de ar para manter a homogeneidade do líquido e *biomédias* e colocadas barreiras para garantir que o material não se movimentasse para os processos subsequentes.

O estudo pode ser descrito em duas etapas, sendo a primeira a operação de novo reator anaeróbio híbrido seguido de flotador com o objetivo de verificar a eficiência dos processos, e a segunda a operação da estação com todos os processos em pleno funcionamento. A Figura 2 mostra a maquete eletrônica do projeto da ETE Itaipu após a ampliação, com todas as novas unidades operacionais.



**Figura 2 - Maquete Virtual da Ampliação da ETE Itaipu**  
**Fonte: Acervo Águas do Brasil**

Foram realizadas as alterações necessárias na ETE para recebimento do material suporte para adesão de biomassa e o monitoramento constante dos parâmetros de qualidade, conforme preconizado nas práticas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, para avaliação da eficiência dos reatores UASB e do processo global.

## RESULTADOS

A ETE Itaipu foi operada em duas etapas conforme descrito na metodologia, na primeira etapa, onde foi utilizado o reator anaeróbio seguido de flotador, teve início em janeiro de 2015 e foi concluída em fevereiro de 2016. Os dados da segunda etapa, que corresponde ao tratamento da primeira etapa acrescido dos processos anóxico e aeróbios com material suporte para adesão de biomassa e decantação secundária de alta taxa, teve início somente em fevereiro de 2016.

A vazão de operação da ETE Itaipu antes das reformas estava limitada a 82 L/s, conforme o projeto inicial. A Tabela 1 mostra a evolução das vazões afluentes a ETE, onde constam a média mensal e os menores e maiores valores registrados. A vazão média durante a toda primeira etapa da ampliação foi de 92,6 L/s e na segunda de 156 L/s.

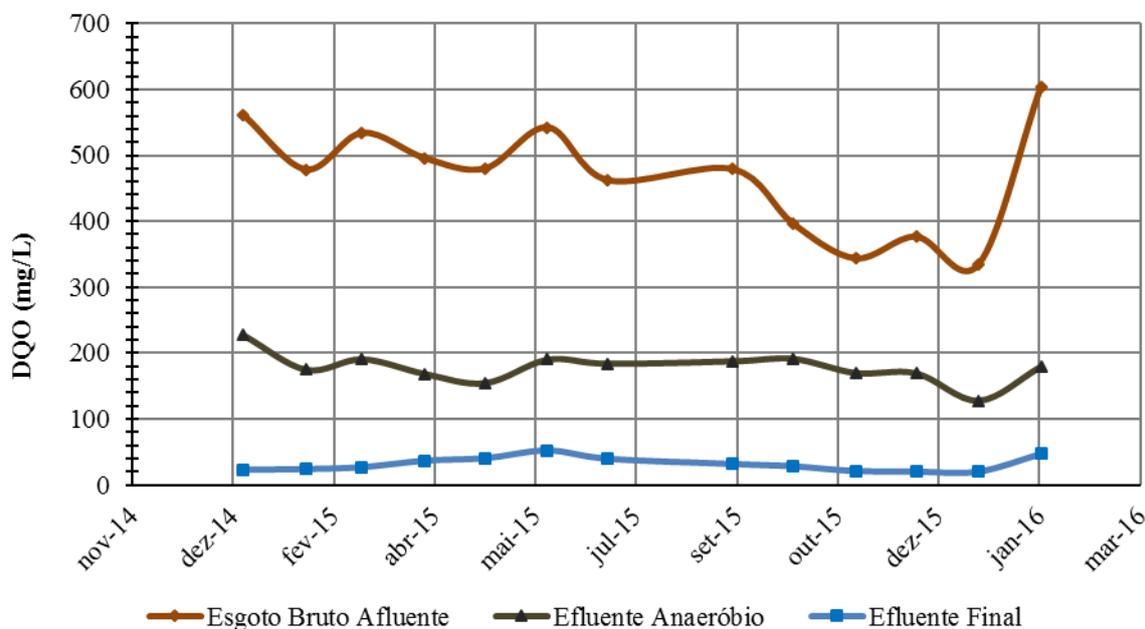
Estes valores mostram mais do que a real existência de demanda para ampliação da ETE, eles retratam a adesão da população ao serviço de saneamento. Dessa forma, sendo possível oferecer melhorias na qualidade de vida e ambiental.

**Tabela 1 - Vazões Mínima, Média e Máxima da ETE Itaipu mensais**

	Vazão Mínima (l/s)	Vazão Média (l/s)	Vazão Máxima (l/s)
Jan/15	55	64	77
Fev/15	54	75	100
Mar/15	78	103	192
Abr/15	68	83	106
Mai/15	54	79	116
Jun/15	57	69	97
Jul/15	55	69	97
Ago/15	55	69	97
Set/15	54	92	276
Out/15	70	93	109
Nov/15	65	115	192
Dez/15	94	128	231
Jan/16	75	157	252
Fev/16	76	141	216
Mar/16	88	145	214

Durante a primeira etapa do projeto de ampliação a concentração média de DQO afluente a ETE Itaipu foi de  $461 \pm 132$  mg/l, o efluente do reator anaeróbio apresentou média de  $177 \pm 60$  mg/l e o efluente final com  $31 \pm 14$  mg/l. Neste caso, foi feita a opção pelas análises de DQO ao invés da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) por apresentarem resultados mais precisos e rápidos, sendo vantajoso para controle operacional e tomada de decisão.

A Figura 3 mostra os valores médios mensais para a DQO na primeira etapa.

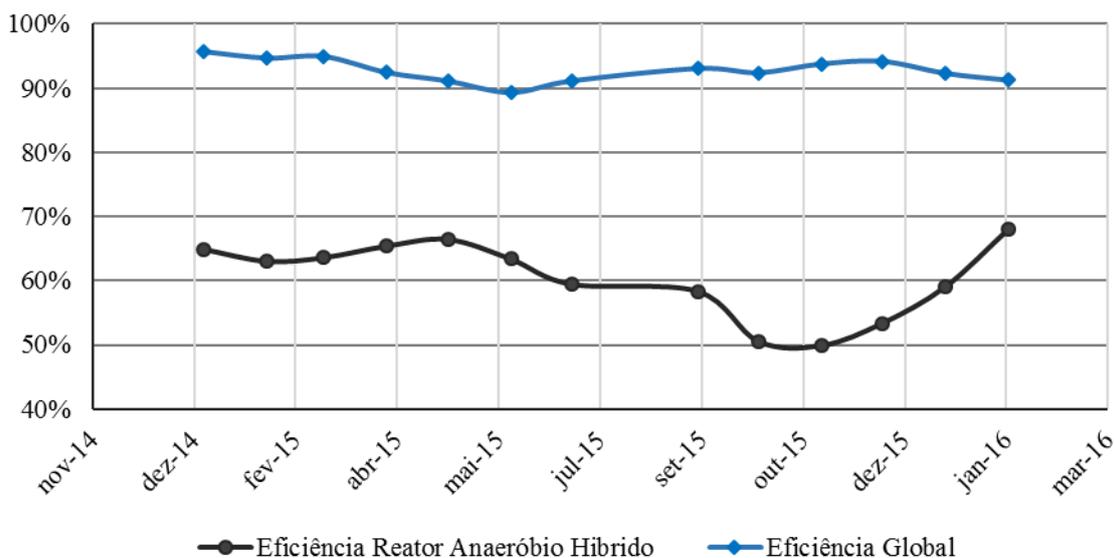


**Figura 3 - Valores médios mensais de DQO na ETE Itaipu para a Primeira Etapa**

No entanto, como a DBO é o parâmetro de controle para os órgãos ambientais, foram realizadas análises para estabelecer uma relação DQO/DBO, de forma a tornar o parâmetro de controle previsível. O valor da relação para o esgoto bruto foi de aproximadamente 2 e para o efluente anaeróbio e tratado de 1,6, sendo as

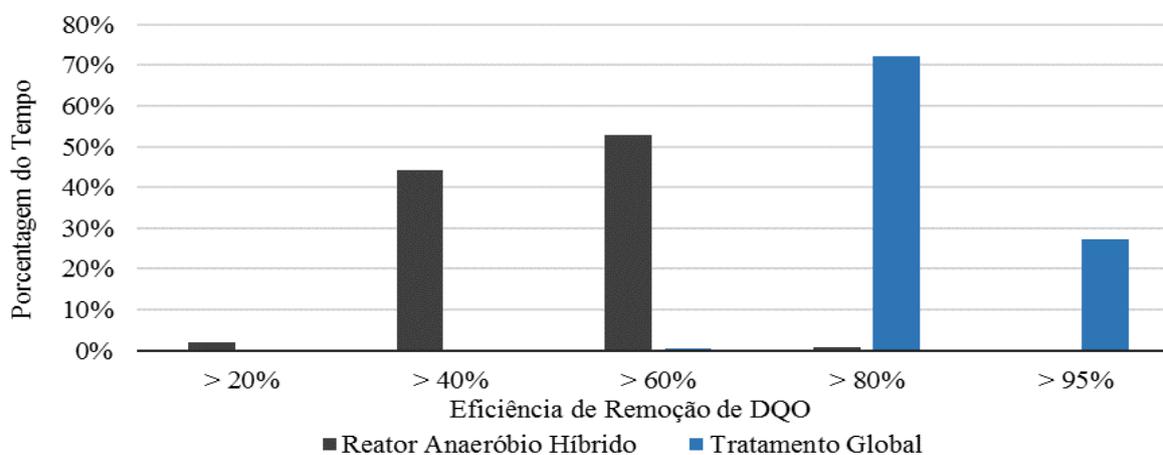
concentrações de DBO médios estimados em 230 mg/l para o esgoto bruto, 110 mg/l para o efluente anaeróbio e 19 mg/l para o efluente tratado.

O reator anaeróbio híbrido apresentou eficiência média de  $62 \pm 9\%$  para remoção de DQO durante a primeira etapa e o tratamento, enquanto o tratamento global apresentou  $90 \pm 3\%$ , sendo apresentadas as variações mensais na Figura 4. O resultado do reator anaeróbio híbrido é condizente com o descrito na literatura para reatores anaeróbios convencionais, de 50 a 70% segundo VAN HANDEEL (2006). Porém, o modelo utilizado é capaz de suportar velocidades ascensionais superiores aos reatores UASB, segundo ARAÚJO (2014), o que reduz a necessidade de área para implantação.



**Figura 4 - Eficiência de remoção de DQO na ETE Itaipu**

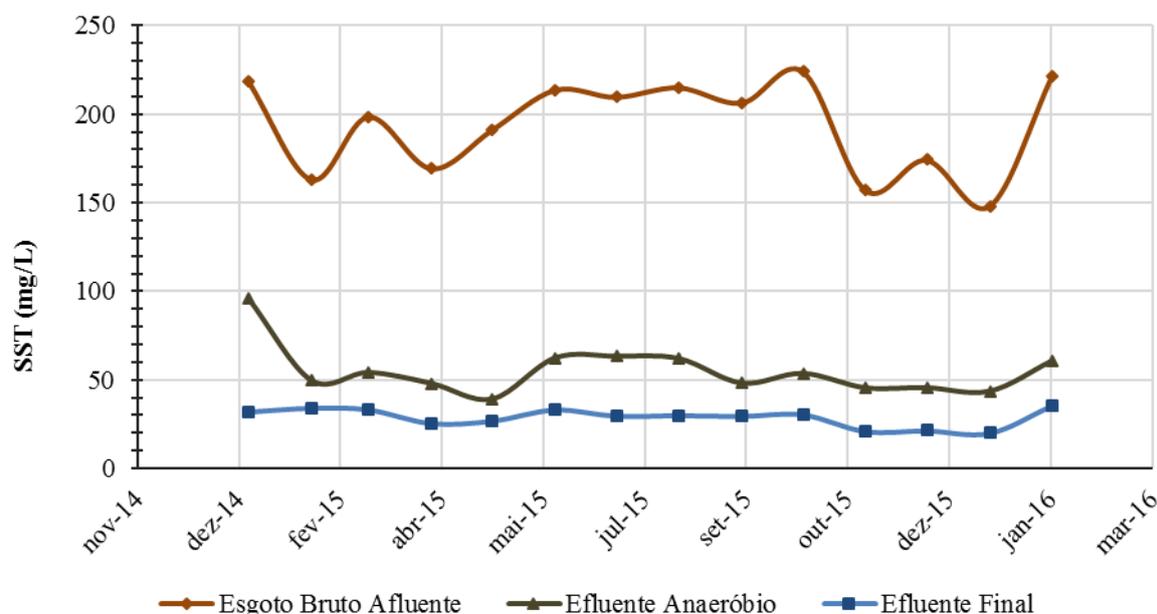
A Figura 5 mostra a porcentagem de tempo da primeira etapa nas quais o reator anaeróbio híbrido e o tratamento global apresentarem determinadas eficiências. Dessa forma, podemos visualizar que a eficiência do tratamento global foi sempre superior a 80% e o reator anaeróbio híbrido apresentou durante a maior parte da primeira etapa valores superiores a 40%, sendo o período de partida do reator o responsável pelas eficiências entre 20 e 40%.



**Figura 5 - Porcentagem do Tempo e Eficiência de Remoção de DQO das análises realizadas**

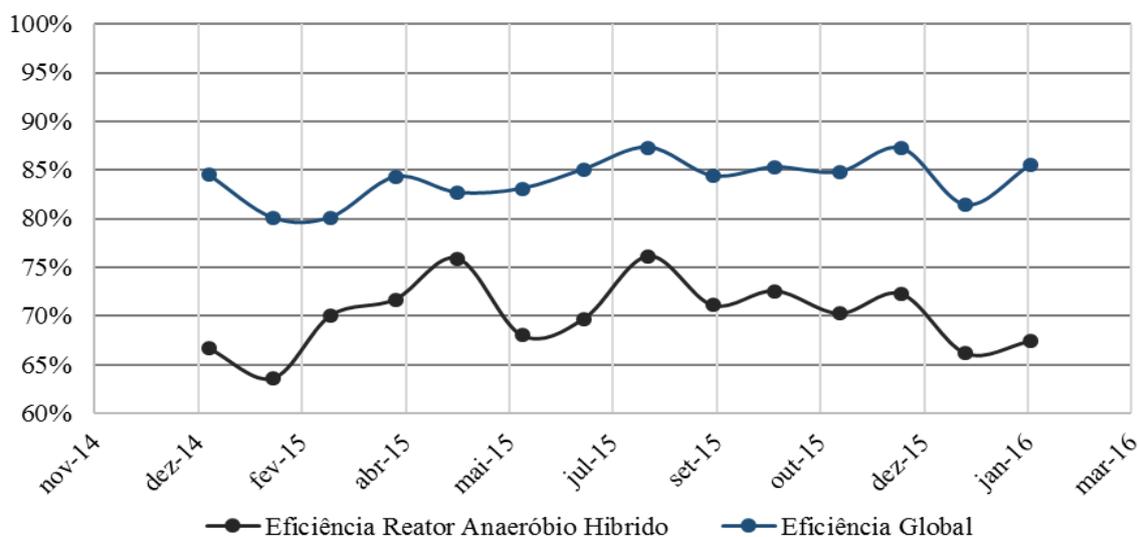
As concentrações médias de sólidos em suspensão totais (SST) no esgoto bruto na primeira etapa foram de  $197 \pm 85$  mg/l, o efluente anaeróbio apresentou média de  $55 \pm 37$  mg/l e o efluente final de  $28,5 \pm 4$  mg/l. Este parâmetro foi analisado por ser o utilizado pelo órgão ambiental e por possuir resposta rápida para o controle operacional.

A Figura 6 mostra os valores médios mensais para a SST na primeira etapa.



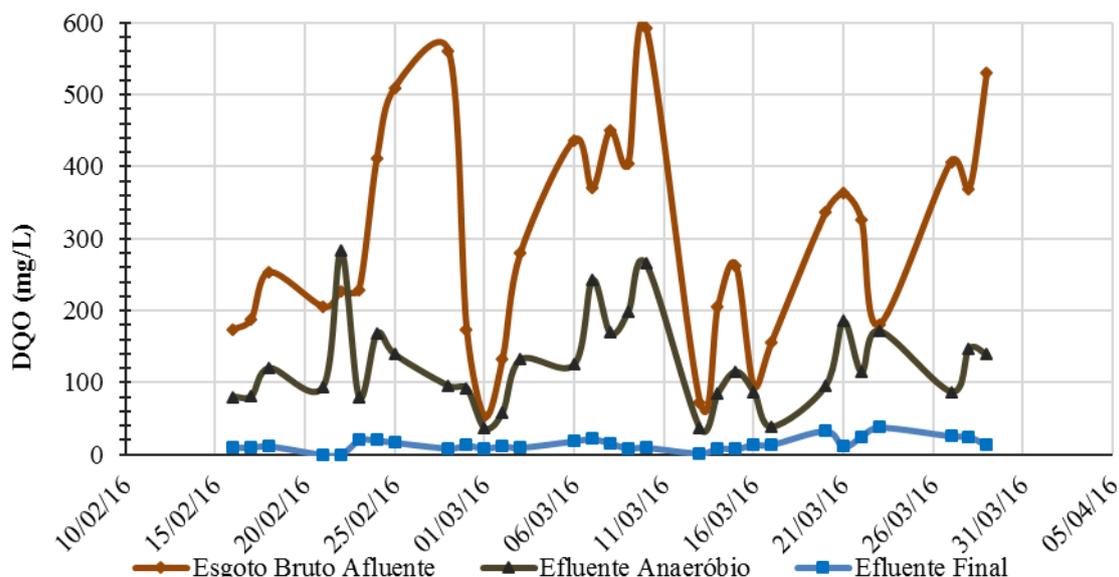
**Figura 6 - Valores médios mensais de SST na ETE Itaipu para a Primeira Etapa**

A Figura 7 mostra a eficiência do reator anaeróbio híbrido durante a primeira etapa de operação que apresentou valores médios de  $72 \pm 14\%$  e o tratamento global com média de  $86 \pm 9\%$ . Os resultados indicam que a performance da ETE Itaipu atendeu as regulamentações do órgão ambiental, que estabelece para o parâmetro a concentração de 40 mg/l.



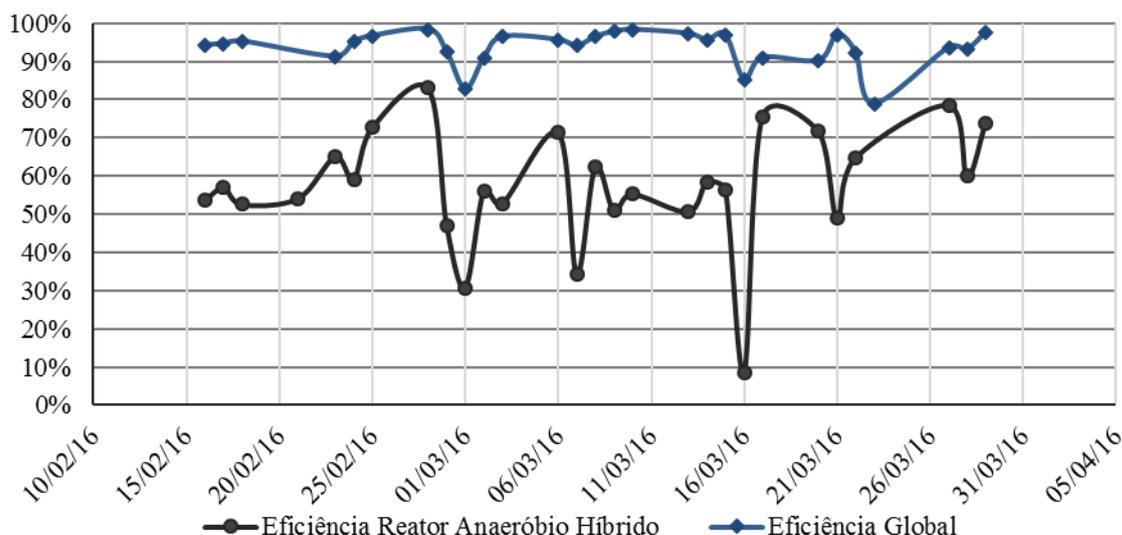
**Figura 7 - Eficiência de remoção de SST na ETE Itaipu**

A segunda etapa do projeto, onde foi iniciada a operação do reator aeróbio contendo material suporte e os decantadores foram modificados para alta taxa, apresentaram concentrações de DQO no esgoto bruto de  $298 \pm 148$  mg/L, o efluente anaeróbio de  $125 \pm 63$  mg/l e o efluente final de  $15 \pm 8$  mg/l. O acréscimo do processo aeróbio com material suporte foi capaz de reduzir ainda mais a concentração DQO do efluente final, e se utilizarmos a relação DQO/DBO encontrada para a primeira etapa no efluente final produzido nesta etapa, teremos uma DBO estimada de 10 mg/l, consideravelmente inferior ao parâmetro da legislação de 40 mg/l. A Figura 8 mostra os valores médios diários de DQO na segunda etapa de operação.



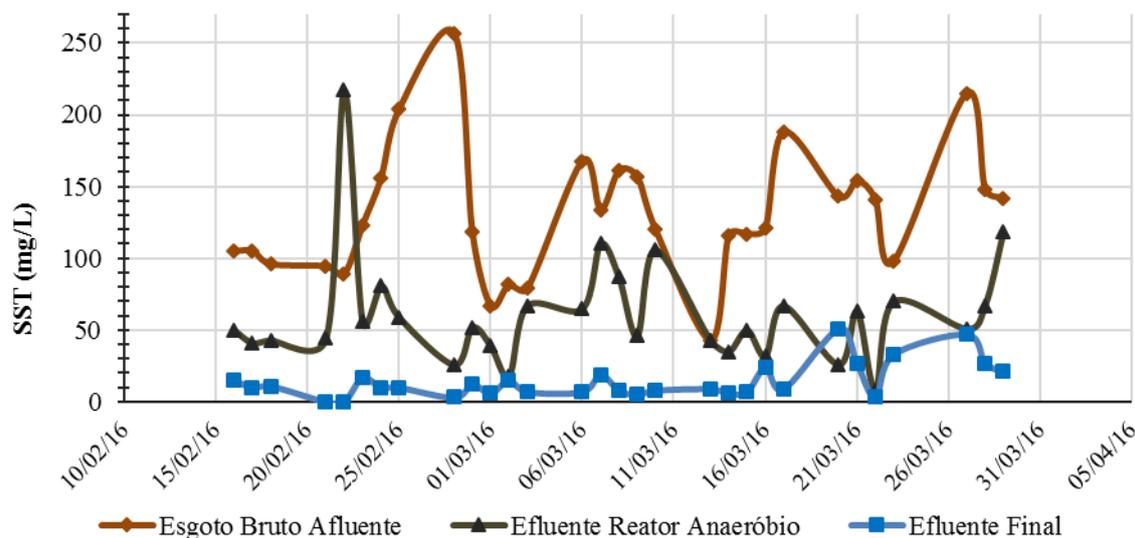
**Figura 8 - Valores médios diários de DQO na ETE Itaipu para a Segunda Etapa**

A eficiência média obtida para remoção de DQO para o reator anaeróbio híbrido foi de 58% nesta etapa e o tratamento global atingiu resultado de 95%. A redução de eficiência do processo anaeróbio se deve a fatores climáticos, pois ocorreram chuvas fortes na região que resultaram em infiltração na rede. A Figura 9 mostra a eficiência diária durante a segunda etapa de operação.



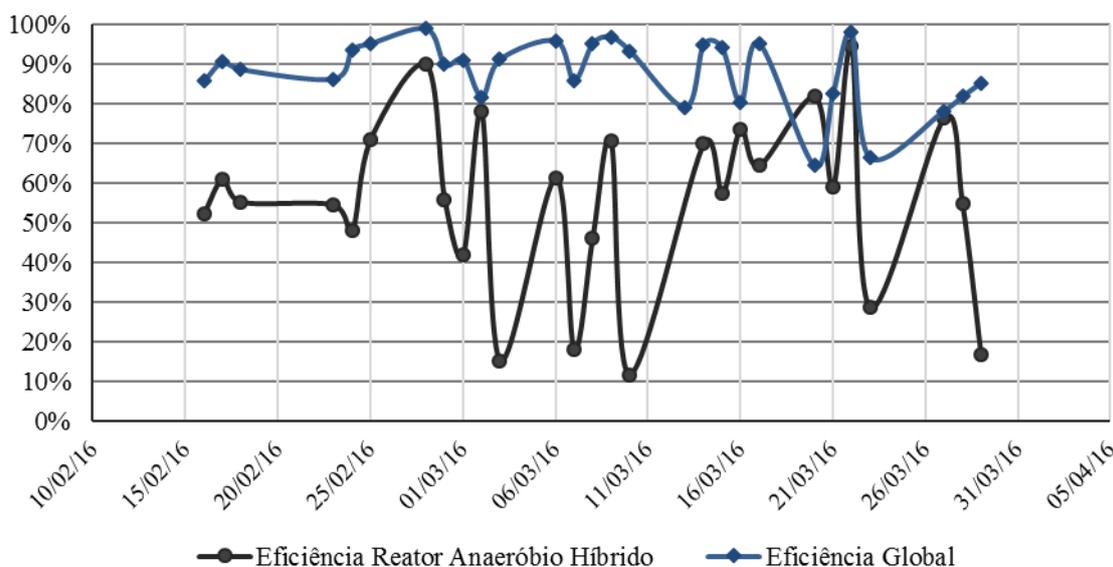
**Figura 9 - Eficiência de remoção de DQO na ETE Itaipu para a Segunda Etapa**

Na segunda etapa do projeto de ampliação a concentração média de SST no esgoto bruto foi de  $131 \pm 46$  mg/l, no efluente anaeróbio foi de  $61 \pm 39$  mg/l e no efluente final de  $15 \pm 12$  mg/l. O efluente produzido está de acordo com a legislação ambiental do Rio de Janeiro, que prevê concentração de sólidos de 40 mg/l. A Figura 10 apresenta os valores médios diários de sólidos durante a segunda etapa de operação.



**Figura 10 - Valores médios diários de SST na ETE Itaipu para a Segunda Etapa**

A eficiência de remoção de sólidos na segunda etapa foi inferior a primeira, sendo reduzida para 53%, por causa de chuvas na região que infiltraram na rede de coleta. No entanto, a ETE de forma global apresentou eficiência média de 88% no período.



**Figura 11 - Eficiência de remoção de SST na ETE Itaipu na Segunda Etapa**



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O material suporte utilizado para adesão de biomassa mostrou ser uma solução viável para ampliação de capacidade de estações de tratamento de esgoto, reduzindo a necessidade de construção de novas edificações ou tanques. Dessa forma, pode ser interpretada como uma solução para regiões adensadas onde não exista área disponível para implantação de um novo módulo, ou caso se deseje uma menor quantidade de obras.

A primeira etapa da operação teve eficiência média de remoção de DQO de 93% e remoção de sólidos de 86%, com um efluente final com concentrações médias de DQO e SST de 31 mg/l e 28,5 mg/l, respectivamente. O modelo de reator anaeróbio híbrido seguido de flotor já apresentava neste caso um efluente dentro dos parâmetros para lançamento.

A eficiência apresentada pela ETE operando de forma plena com todos os processos foi de 95% para remoção de DQO e 88% para remoção de SST, fornecendo um efluente com DQO de 15,5 mg/l e SST de 15,2 mg/l, adequado aos padrões de lançamentos de efluente do estado do Rio de Janeiro.

Neste trabalho não foi possível realizar a análise da remoção de nutrientes do efluente, pois em função de atrasos na execução das obras, os reatores anóxico e aeróbio não se encontrava em estado maduro para uma avaliação concreta, sendo a sugestão para trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA 1998, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., American Public Health Association, Washington, DC, 1998.
2. ARAUJO, T.L. DA S.. Desempenho de reator anaeróbio híbrido (leito fixo e manta de lodo) tratando esgoto sanitário em escala piloto. São Carlos, 2014.
3. BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013. Brasília: SNSA/MCIDADES, 181 p., 2014.
4. VAN HANDELL, A.C., KATO, M.T., CAVALCANTI, P.F.F., FLORENCIO. Anaerobic reactor design concepts for the treatment of domestic wastewater, Reviews in: Environ. Sci. and Bio/Technol. v. 5, p. 21-38, 2006.