

II-413 - BIORREATOR COMBINADO ANAERÓBIO-AERÓBIO DE LEITO FIXO PARA TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

Moacir Messias de Araujo Jr. ⁽¹⁾

Eng. Civil pela EESC-USP. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento-EESC-USP. Diretor Bio Proj Tecnologia Ambiental

Philippe Lopes da Silva Araujo ⁽²⁾

Eng. Civil pela UNESP de Bauru. Coordenador de Operações da Concessionária Águas de Niterói.

Thiago Lopes da Silva Araujo ⁽¹⁾

Eng. Civil pela UNESP de Bauru. Mestre em Hidráulica e Saneamento-EESC-USP. Diretor Bio Proj Tecnologia Ambiental

Valéria Del Nery ⁽¹⁾

Eng. Química-UFSCAR. Mestre e doutora em Engenharia Civil na área de Hidráulica e Saneamento-EESC-USP. Pesquisa e Desenvolvimento-Bio Proj Tecnologia Ambiental

Endereço: Bio Proj Tecnologia Ambiental ⁽¹⁾: Rua Major José Inácio, 2920 Centro São Carlos-SP CEP:13560-161 - Brasil - Tel: (16)34167110 - e-mail: moacir@bioproj.com.br

RESUMO

O tratamento de esgotos sanitários representa um grande desafio brasileiro devido ao crescimento populacional e à necessidade de implantação de obras de saneamento básico, como sistemas de coleta e de tratamento de esgoto. Reatores de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) tem se mostrado vantajoso como unidades biológicas principais de estações de tratamento de esgoto. Embora o desempenho destes reatores seja satisfatório, a baixa concentração de matéria orgânica presente no esgoto sanitário limita a granulação do lodo e a geração de biogás. Estes fatores impedem a aplicação de altas taxas hidráulicas e reduz a mistura entre o substrato e a biomassa. Devido a estas limitações, os reatores apresentam grandes áreas de implantação e grandes volumes reacionais. O desenvolvimento do Reator Anaeróbio Híbrido (HANR) com biomassa imobilizada em BioBob® e biomassa em suspensão, é uma alternativa viável para o aprimoramento de tratamento de esgoto em reatores anaeróbios de alta taxa, possibilitando elevadas velocidades ascensionais, passando de 0,6-07 m/h (UASB) para 1,2-2,0 m/h (HANR). Complementando, o Biorreator Combinado (BRC) reator de leito fixo e fluxo ascendente contendo uma etapa anaeróbia (HANR) de tratamento seguido por uma etapa aeróbia (Biofiltro Aerado Submerso), utilizando BioBob® como meio suporte nas duas etapas possibilita a remoção de nitrogênio além da remoção de matéria orgânica. Os dados analisados neste trabalho são relativos à operação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Maria Paula, com reator BRC, localizada em Niterói-RJ, Brasil e operada pela Concessionária Águas de Niterói S/A. O Reator BRC não foi inoculado e o desempenho da ETE em relação à remoção de DQO e de nutrientes foi avaliada por 247 dias de operação. O desempenho do BRC e a qualidade do efluente final durante o período operacional atenderam aos valores determinados em projeto e à legislação ambiental. O reator BRC é compacto e possibilitou a remoção de matéria orgânica e nitrogênio com elevada eficiência e a obtenção efluente tratado com alta qualidade. O BRC demonstrou ser uma excelente alternativa para tratamento do esgoto sanitário com tecnologia totalmente nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Aumento de Capacidade, Melhoria da Qualidade, Água com Alcalinidade, Coagulante Adequado, Auxiliares de Floculação.

INTRODUÇÃO

O tratamento de esgotos sanitários representa um grande desafio brasileiro devido ao crescimento populacional e à necessidade de implantação de obras de saneamento básico, como sistemas de coleta e de tratamento de esgoto. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 mostrou que somente 55,2% dos municípios brasileiros possuem rede coletora de esgotos sanitários, e apenas 28,5% realizam algum tipo de tratamento dos esgotos coletados (IBGE, 2010). Este quadro evidencia a importância do 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.

No Brasil, a aplicação de reatores anaeróbios de alta taxa, principalmente o reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), como unidades biológicas principais de estações de tratamento de esgoto tem se mostrado economicamente vantajosa, especialmente devido às elevadas temperaturas em regiões tropicais e subtropicais. Embora o desempenho destas unidades seja satisfatório, a baixa concentração de matéria orgânica presente no esgoto sanitário impõe limitações à operação do reator. A granulação do lodo é afetada negativamente impossibilitando a aplicação de elevadas taxas hidráulicas e a baixa produção de biogás limita a mistura entre o substrato e a biomassa, com prejuízo à transferência de massa nos reatores UASB. Este problema tem afetado sistematicamente a capacidade volumétrica de reatores UASB, impondo a utilização de reatores com grande necessidade de área em planta (devido à baixa velocidade ascensional admissível, evitando o arraste de sólidos para o efluente tratado) e consequentemente grandes volumes reacionais.

O desenvolvimento do Reator Anaeróbio Híbrido (HANR) (Araújo 2014), caracterizado por apresentar na mesma unidade biomassa imobilizada em BioBob® e biomassa em suspensão, desponta como uma alternativa viável para o aprimoramento de tratamento de esgoto em reatores anaeróbios de alta taxa. A imobilização da biomassa em BioBob® aumenta a concentração de biomassa no reator, proporcionando o aumento de sua capacidade volumétrica quanto a remoção de sólidos suspensos e de matéria orgânica. Além disso, a configuração proposta para o HANR possibilita a utilização de velocidades ascensionais maiores do que as aplicadas comumente em reatores UASB, passando de 0,5-0,7 m/h (UASB) para 1,2-2,0 m/h (HANR), reduzindo consideravelmente a área em planta necessária para a sua implementação.

Os aspectos cada vez mais restritivos da legislação ambiental em relação a remoção de matéria orgânica e nitrogênio foram determinantes para ao desenvolvimento do Biorreator Combinado (BRC), reator de leito fixo e fluxo ascendente contendo uma etapa anaeróbia (HANR) de tratamento seguido por uma etapa aeróbia (Biofiltro Aerado Submerso), utilizando BioBob® como meio suporte nas duas etapas. Cada etapa do processo tem uma finalidade específica no tratamento. A etapa anaeróbia é responsável pela remoção inicial da matéria orgânica e pela retenção de sólidos suspensos e a etapa aeróbia é responsável pela remoção da matéria orgânica remanescente e pela remoção do nitrogênio amoniacal do esgoto.

Este trabalho tem por objetivo apresentar o desempenho de um reator BRC implantado em uma Estação de tratamento de esgoto (ETE) municipal na remoção de matéria orgânica e nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados analisados neste trabalho são relativos à operação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Maria Paula, localizada em Niterói-RJ, Brasil e operada pela Concessionária Águas de Niterói S/A.

A ETE MARIA PAULA é composta por unidades sequenciais que realizam operações físicas e processos biológicos, com objetivo de obter qualidade do efluente final para atendimento aos padrões e exigências legais no âmbito federal e regional: RESOLUÇÃO CONAMA 430 (Maio de 2011) e NT.202.R-10 (Dezembro de 2010) (Figura 1). A ETE possuirá capacidade média de tratamento igual a 105 L/s (pico de 190 L/s), população equivalente de 56.700 habitantes, correspondendo a uma vazão per capita de 160 L/hab.d. A ETE será construída em sistema modular para atender às vazões em 3 fases distintas (35, 70 e 105 L/s). Atualmente, a ETE está operando na primeira etapa para atendimento à vazão até 35 L/s.

O esgoto sanitário bruto proveniente do bairro Maria Paula é encaminhado por elevatória ao sistema de tratamento preliminar. O tratamento preliminar é composto por uma unidade que integra as operações de gradeamento, sedimentação e flotação, promovendo a remoção dos materiais grosseiros, sólidos sedimentáveis e óleos e graxas, respectivamente. Posteriormente, o esgoto sanitário segue por elevatória para o tratamento biológico, que atualmente é constituído por 1 Biorreator Combinado Anaeróbio-Aeróbio de Leito Fixo (BRC), com utilização de leito fixo com BioBob®, nas etapas anaeróbia e aeróbia, seguido de decantador secundário de alta taxa (lamelar). O reator BRC (Figura 2) foi construído em concreto com seção retangular com as dimensões apresentadas na Tabela 1. As características do BioBob® estão apresentadas na Figura 3.

O Reator BRC não foi inoculado e o desempenho da ETE em relação à remoção de DQO e de nutrientes foi avaliada por 247 dias de operação. As amostras analisadas são compostas e coletadas durante 24 horas e as análises foram realizadas de acordo com o Standard Methods of Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).



Figura 1: Desenho de concepção da ETE Maria Paula

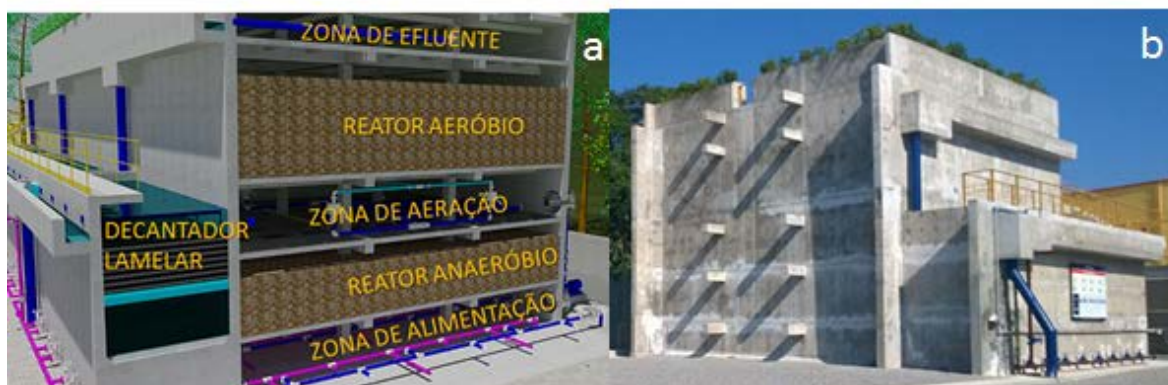


Figura 2: Desenho esquemático do BRC (a). Foto do reator construído na primeira etapa (b).

Tabela 1: Dimensões do primeiro módulo construído do Reator BRC

Dimensões	Reator total (BRC)	Fase anaeróbia	Fase aeróbia
Largura (m)	12	12	12
Comprimento (m)	12	12	12
Área (m ²)	144	144	144
Altura (m)	9,48	3,75	5,73
Volume do líquido (m ³)	1185	480	705
Volume de BioBob® (m ³)	600	200	400


	Característica	Descrição
	Material interno	Espumas de poliuretano (PU)
Material externo	Estrutura de polipropileno (PP)	
Diâmetro (mm)	45	
Altura cilíndrica (mm)	60	
Massa seca unitária (g)	12	
Porosidade do leito (%)	70	
Porosidade da espuma (%)	95	
Área superficial (m ² /m ³)	270.000	

Figura 3: Foto e característica do material suporte BioBob® .

RESULTADOS

A vazão do esgoto municipal afluyente à ETE Maria Paula e a carga orgânica aplicada variaram de acordo com as características do esgoto, influenciadas pela estação do ano e pelas chuvas (Figura 4). Os dados de monitoramento estão apresentados na Tabela 2 e a variação temporal de DQO, sólidos totais e N-NH₄ estão apresentados nas Figuras 5,6 e 7, respectivamente.

A etapa anaeróbia apresentou eficiência de remoção de DQO bruta e solúvel de 64±22% e 59±31%, indicando excelente estabilidade do processo durante o período operacional. As eficiências de remoção de DQO bruta, de DQO solúvel e de N-NH₄, respectivamente, de 68±19%, 57±32% e 73±47% na fase aeróbia evidenciam a importância desta etapa para incremento da eficiência de remoção de matéria orgânica e de nitrogênio da ETE. A eficiência global da ETE Maria Paula foi de 89±9% de DQO bruta, 82±34% DQO filtrada, 96±11% de N-NH₄ e 90±32% de SST.

Conforme apresentado na Tabela 2, pode-se observar que houve estabilidade dos processos biológicos tanto para a remoção de matéria orgânica quanto para a nitrificação, apresentando valores muito abaixo dos exigidos pela legislação vigente.

A utilização de leito fixo com BioBob® reduz significativamente a geração de lodo tanto na etapa anaeróbia, quanto na etapa aeróbia, resultando em economia expressiva de transporte e disposição do lodo gerado na ETE (Araujo et al, 2013). O primeiro descarte de lodo da ETE (fundo do decantador secundário e base do reator anaeróbio) foi realizado após 8 meses de operação, evidenciando a baixa geração de lodo deste sistema. Devido ao impedimento de passagem de lodo pelas camadas de BioBob®, o reator não possui o separador trifásico, característicos de reatores UASB.

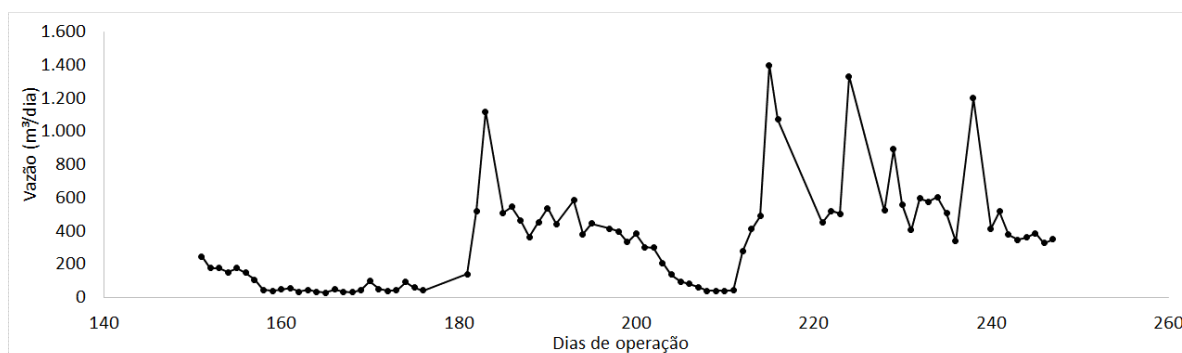


Figura 4: Variação da vazão de esgoto sanitário afluyente à ETE

Tabela 2: Resultados do monitoramento da ETE Maria Paula

Parâmetros	Esgoto	Fase anaeróbia	Fase aeróbia/decantador Efluente final	Legislação NT.202.R-10
DQO (mg L ⁻¹)	221 ± 138	69 ± 47	18 ± 10	
DQOsolúvel (mg L ⁻¹)	103 ± 63	35 ± 24	13 ± 7	
SST (mg L ⁻¹)	162 ± 145	13 ± 11	7 ± 4	<40
SSV (mg L ⁻¹)	88 ± 71	9 ± 9	5 ± 4	
pH	6,91 ± 0,27	6,83 ± 0,34	6,81 ± 0,40	
N-NH4	23 ± 8	7 ± 10	1 ± 1	<5

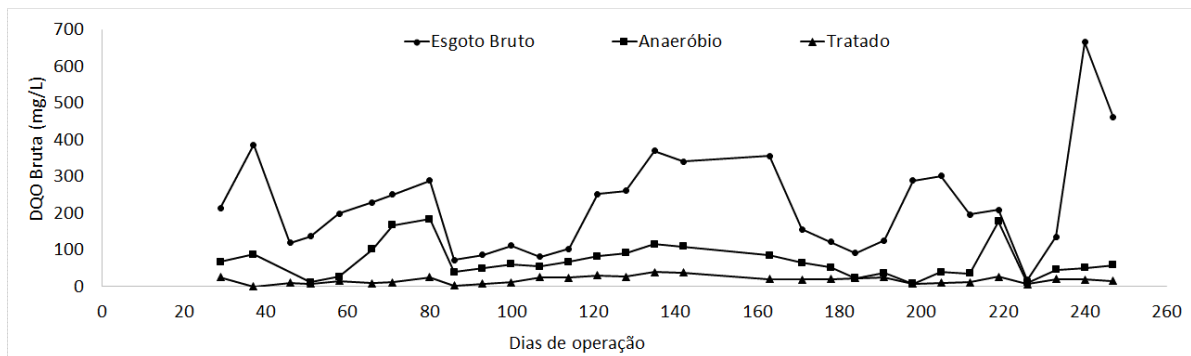


Figura 5: Variação da DQO bruta do esgoto sanitário e do efluente das zonas anaeróbia e aeróbia (efluente final) durante o período operacional.

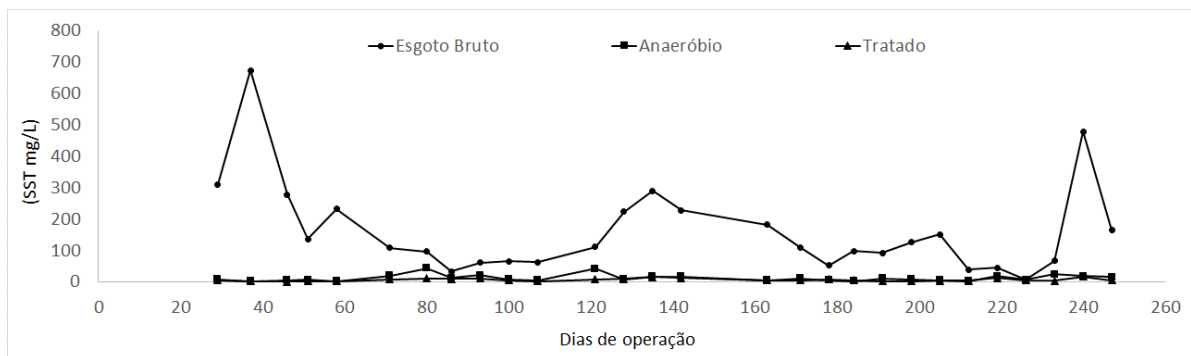


Figura 6: Variação de SST do esgoto sanitário e do efluente das zonas anaeróbia e aeróbia (efluente final) durante o período operacional.

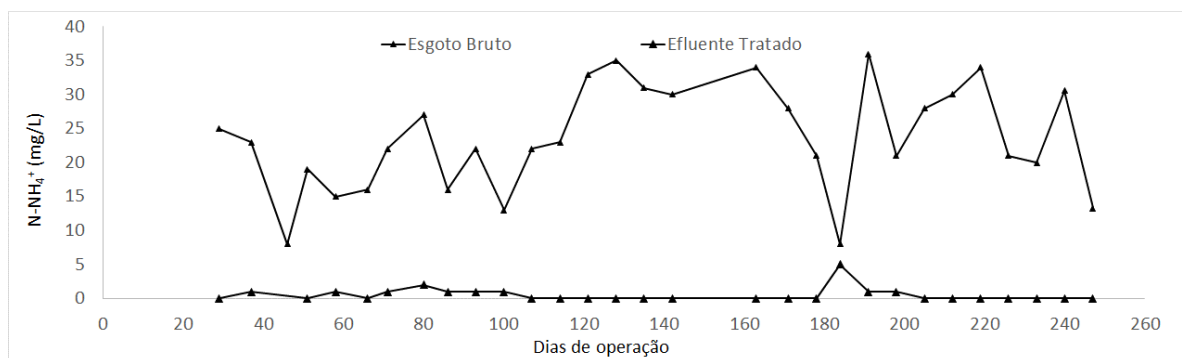


Figura 7: Variação de $N-NH_4^+$ do esgoto sanitário e do efluente das zonas anaeróbia e aeróbia (efluente final) durante o período operacional.

CONCLUSÃO

O desempenho do BRC e a qualidade do efluente final durante o período operacional atenderam aos valores determinados em projeto e à legislação ambiental. O reator BRC é compacto e possibilitou a remoção de matéria orgânica e nitrogênio com elevada eficiência e a obtenção efluente tratado com alta qualidade. O BRC demonstrou ser uma excelente alternativa para tratamento do esgoto sanitário com tecnologia totalmente nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, 2012- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington DC: 22 Ed., 2012.
2. Araujo Júnior, M. M., Lermontov, A., Araujo, P.L.S., Zaiat, M. Reduction of sludge generation by the addition of support material in a cyclic activated sludge system for municipal wastewater treatment. *Bioresource and Technology* **143**, 483–489, 2013.
3. Araujo, T. L. S. (2014). Desempenho de reator anaeróbio híbrido (leito fixo e manta de lodo) tratando esgoto doméstico em escala piloto. Dissertação de mestrado apresentada à *Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo*