

II-366 - BOAS PRÁTICAS OPERACIONAIS EM ESTAÇÕES COMPACTAS DE ESGOTO: CASO DA ETE CHIARETA

Jamile Oliveira Santos⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (2008). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Instituto Superior de Educação Eugênio Gomes (2009). Mestrado (2011) e Doutorado em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia (2015). Cursando especialização em tratamento de efluentes na Universidade de Passo Fundo – RS. Analista de Saneamento na Embasa - BA.

Cristiane Cruz

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (2003). Especialista Especialização em Soluções Ambientais para Polos Industriais. SENAI/CETIND, Lauro de Freitas, Bahia, Brasil (2010). Analista de Saneamento na Embasa - BA.

Renavan Andrade Sobrinho

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Bahia (1993) e em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (1997). Pós-graduado em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (2003). Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela FTC (2013). Mestre em Meio Ambiente, Águas e Saneamento pela Universidade Federal da Bahia (2012). Engenheiro de Projetos e Operações da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA). Professor Assistente da Universidade Federal da Bahia ministrando as disciplinas Obras Hidráulicas e Instalações Prediais. Ex- Superintendente de Saneamento do Estado da Bahia (2011-2014). Ex-presidente da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES Seção Bahia (2011-2015) e atual membro do conselho da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES Seção Bahia (biênio 2021-2023). Membro do Conselho da APA Litoral Norte e da APA Plataforma Continental (CEPRAM). Membro do Conselho de Administração da Embasa.

Fabio Campos

Biólogo; Mestre em Engenharia Sanitária pela Escola Politécnica da USP, Doutor em Ciências pela Faculdade de Saúde Pública da USP, com Pós-Doutoramento pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP (Projeto Lodo Granular Aeróbio). Especialista em tratamento de esgoto e responsável técnico pelo Laboratório de Saneamento do Depto. de Eng. Hidráulica e Ambiental da EPUSP.

Helvécio carvalho de Sena

Químico; Mestre e Doutor em Engenharia Sanitária pela Escola Politécnica da USP, Especialista em tratamento de esgoto e odor e consultor.

Endereço⁽¹⁾: Rua Dom Eugênio Sales, S/n – Boca do Rio - Salvador - BA - CEP: 41706-670 - Brasil - Tel: (71) 3373-5259 - e-mail: jamile.santos@embasa.ba.gov.br

RESUMO

A prática de instalação de estações de tratamento de esgotos (ETE) compactas encontra-se disseminada na empresa de saneamento da Bahia (EMBASA), contudo, devido ao grande número de processos e carência de mão de obra qualificada, observa-se a necessidade da realização de campanhas de avaliação e monitoramento dessas ETEs com o fim de oferecer aos operadores, além de eventuais melhorias na infraestrutura das estações, ferramentas necessárias para condução da operação, com vistas a manter a geração de efluente final que atenda às exigências ambientais, em termos de lançamento em corpo receptor. O presente trabalho apresenta uma proposta de implantação de boas práticas operacionais, usando como espaço de contextualização, a ETE Chiareta. Por meio de diagnóstico preliminar, proposições de medidas corretivas, implementação de monitoramento analítico e, sobretudo, apoio técnico aos operadores, foi possível verificar a melhoria nos índices de qualidade alcançados pela estação de tratamento. Assim, pode-se chegar à conclusão que o emprego de ETEs compactas requer uma sistemática operacional ajustada para cada situação e que, principalmente, faz-se necessário o devido e contínuo treinamento da equipe operacional, assim como a implantação e condução de um plano de manutenção preventiva e preditiva.

PALAVRAS-CHAVE: Estações compactas, Tratamento de efluentes, Reatores biológicos, Remoção de lodo.

INTRODUÇÃO

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do ano-base 2022, a Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A, em sua área de atuação no estado da Bahia, atendia 78,65% da população com sistemas de abastecimento de água e 36,68% com esgotamento sanitário. Em relação as áreas urbanas, o índice de atendimento de água da Embasa compreendia 98,07% enquanto o índice de esgoto totalizava 49,84%. Na última década, vários empreendimentos habitacionais foram implantados para atender a demanda por moradia na Região Metropolitana de Salvador. Para fins de licenciamento ambiental, em locais com ausência de sistemas de esgotamento sanitário, o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) requeria a apresentação de alternativas técnicas para os efluentes gerados e destinação adequada.

As estações compactas de tratamento de esgoto compactas são soluções descentralizadas, utilizadas geralmente, para atendimento a condomínios ou localidades com ausência de sistema de esgotamento sanitário implantado. As unidades instaladas na Embasa, em geral, são compostas por tratamento preliminar, reatores anaeróbios, seguidos de reatores aeróbios. A combinação “reatores anaeróbios e aeróbios”, a qual compreende processos biológicos, visa a remoção de matéria orgânica dissolvida (SUBTIL, SANCHEZ e CAVALHERO, 2016).

Algumas unidades são dotadas de filtro russo para polimento do efluente e possuem sistema de desinfecção. Em função do elevado número de estações implantadas, atualmente a operação está enfrentando desafios para alcançar o desempenho requerido conforme padrões estabelecidos nas outorgas de lançamento.

Esse trabalho teve como objetivo geral, propor intervenções na rotina operacional para elevar o desempenho da estação Parque Chiareta, com vistas melhoria da remoção da carga orgânica e atendimento aos requisitos ambientais. Como objetivo específico, sugerir uma rotina operacional que possa ser reproduzida em outras estações compactas de tratamento de esgoto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Como delineamento metodológico, o trabalho foi estruturado com base em visita técnica à unidade ETE Chiareta, posterior avaliação dos equipamentos, processos e rotina operacional.

Para tanto, partiu-se de informações colhidas em documentos oficiais da ETE, como memorial de cálculo, e, também, medições e verificações “in loco”.

Dessa forma, buscou-se mapear os principais pontos da estação que podem gerar inconformidades que afetem negativamente tanto o processo, como equipamentos e performance da planta.

Trata-se de uma unidade compacta construída em PRFV (polímero reforçado com fibra de vidro), com capacidade projetada de 21,62L/s, operando em série e sendo composta por: 6 (seis) reatores anaeróbios com manta de lodo e fluxo ascendente (UASB); 6 (seis) reatores aeróbios (lodos ativados) seguidos de 6 (seis) decantadores secundários; como etapa de polimento ao efluente final, foram previstos 3 (três) filtros russos seguidos de 3 (três) unidades compactas de cloração e uma calha Parshall. A Figura 01 apresenta a unidade Chiareta.



Figura 01 – ETE Chiareta

A produção de lodo estimada para a unidade é de 66,60 m³/mês. A unidade é desprovida de estrutura de desidratação de lodo, sendo que a remoção de sólidos do sistema é realizada por meio de caminhões vácuo e disposto nos leitos de secagem de lodo da ETE Alphaville Norte, e posterior descarte em aterro sanitário. Atualmente, a estação vem apresentando resultados de remoção de carga orgânica inferiores às projetadas; dados de monitoramento realizados durante o mês de julho de 2022 indicaram a necessidade de aprimorar o gerenciamento do lodo dos reatores anaeróbios, assim como a recirculação dos reatores aeróbios com vistas ao incremento da remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}).

Adicionalmente, verificou-se a necessidade de ajustes no sistema de aeração, pois dois reatores do sistema de lodos ativados, encontravam-se fora de operação. Por outro lado, nos demais reatores, por meio de medições de oxigênio dissolvido (OD), foi possível constatar valores extremamente elevados para o referido parâmetro (5,8mgO₂/L), o que permitiu constatar a importância do monitoramento contínuo do mesmo, o qual não era realizado de forma sistemática.

Contudo, a despeito dessas ocorrências de não conformidades, a estação vem atendendo os parâmetros de lançamento previstos na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 430/11, segundo dados do laboratório de monitoramento ambiental da Embasa para: Temperatura, pH, Óleos e Graxas e material flutuante. Para DBO_{5,20}, apresenta oscilações entre 94 e 216 mgO₂/L com eficiência entre 47 a 75%; e sólidos sedimentáveis entre 0,1 a 1,5mL/L.

Assim, foi realizado esquema de automonitoramento analítico, que ocorreu durante a visita técnica, e se repetiu após as intervenções realizadas nas rotinas operacionais e estruturais da ETE. Foram programadas 4 coletas com frequência semanal para os seguintes pontos de amostragem e parâmetros: a) efluente bruto: DBO_{5,20}, DQO, pH e temperatura; b) saída dos reatores UASB: alcalinidade, acidez, DQO representativa; c) reatores aeróbios: OD, pH, temperatura, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis e d) saída dos decantadores secundários (APHA; AWWA; WEF, 2012).

Com base nas observações anotadas antes e após as intervenções, foi concebido um documento norteador para guiar a operação de estações de tratamento de esgoto similares a esta em estudo.

RESULTADOS

A avaliação dos sistemas de reatores UASB envolveu a observação do lodo contido no interior dos reatores 1 e 6. Visualmente, o lodo não apresentava as características típicas de um lodo anaeróbio (cor e odor), como pode ser observado na Figura 02.



Figura 02 – Lodo do interior do reator UASB

Deve-se levar em conta que a massa que há no reator UASB é considerada suficiente ou insuficiente de acordo com a carga de DQO afluente ao sistema de tratamento. Considerando a concentração média de DQO no esgoto afluente à ETE Chiareta em 2.174 mg/L, e a concentração efluente do reator UASB em 257 mg/L, a eficiência do sistema anaeróbio está em 88%, que está em nível de excelência (VAN HAANDEL E VAN DER LUBBE, 2012).

Cabe ressaltar que a maior parcela dos problemas relativos ao gerenciamento de lodo em reatores UASB decorrem da ausência de uma rotina de descarte desse material (RIETOW et al, 2023).

Isso evidencia a necessidade de implantação de rotina operacional para verificação:

- Altura da manta de lodo do reator UASB;
- Concentração de SST da manta de lodo;
- ST do lodo;
- Carga DQO aplicada.

Parte de inconsistências dos reatores de lodos ativados foram mencionadas anteriormente, no que se refere tanto à alta concentração de OD, como no descarte intencional de lodo. Logo, deve-se criar rotina operacional que permita aos operadores medirem OD dos reatores, bem como capacitá-los e reciclá-los nos ajustes aplicados ao sistema de ar (sopradores) de forma a manter uma concentração entre 1,0 e 2,0mgO₂/L.

Deve-se criar um controle de aplicação de frequência ao soprador e relação com o OD obtido, e a orientação de que, sempre que houver alguma mudança, deve-se aguardar, no mínimo, 30 minutos para ser feita nova análise de OD.

Em relação ao descarte intencional de lodo para imposição do parâmetro idade do lodo, a ausência, já apontada no item anterior, de análises de monitoramento de sólidos, tem ocasionado prejuízos ao processo. A Figura 03 ilustra o baixo conteúdo de lodo no interior do tanque de aeração, por meio da análise de sólidos sedimentáveis.



Figura 03 – Análise de sólidos sedimentáveis do lodo biológico contido no tanque de aeração

Assim, para efeito de melhorias na operação, é necessário que passem a ser realizadas determinação de SST e SSV no lodo do tanque de aeração e no lodo na linha de recirculação/descarte.

Durante o período coberto por esse estudo, foram realizadas três campanhas de monitoramento analítico os resultados estão apresentados nas Tabelas 01, 02 e 03 a seguir:

Tabela 01 – Resultados do monitoramento analítico durante a visita técnica

Ponto de Amostragem	Parâmetro	Resultado	Observações
Lodo Reator UASB1 – seção inferior	DQO	4.640 mg/L	Laudo: 33043/22 - TDOQ
	SST	11.200 mg/L	
Lodo Reator UASB1 – seção meio	DQO	552 mg/L	Laudo: 33044/22 – TDOQ
	SST	210 mg/L	
Lodo Reator UASB1 – seção superior	DQO	232 mg/L	Laudo: 33045/22 – TDOQ
	SST	96 mg/L	
Lodo Reator UASB2 – seção superior	DQO	473 mg/L	Laudo: 33046/22 – TDOQ
	SST	220 mg/L	
Lodo Reator UASB3 – seção superior	DQO	70 mg/L	Laudo: 33047/22 – TDOQ
	SST	150 mg/L	
Lodo Reator UASB4 – seção superior	DQO	220 mg/L	Laudo: 33048/22 – TDOQ
	SST	54	
Lodo Reator UASB5 – seção superior	DQO	291 mg/L	Laudo: 33049/22 – TDOQ
	SST	157 mg/L	
Lodo Reator UASB6 – seção inferior	DQO	474 mg/L	Laudo: 33050/22 – TDOQ
	SST	6.900 mg/L	
Lodo Reator UASB6 – seção inferior	DQO	1.300 mg/L	Laudo: 33051/22 – TDOQ
	SST	2.460 mg/L	
Lodo Reator UASB6 – seção inferior	DQO	1.574 mg/L	Laudo: 33052/22 – TDOQ
	SST	1.420 mg/L	
Lodo do Filtro2	DQO	70 mg/L	Laudo: 33053/22 – TDOQ
	SST	27 mg/L	
Lodo do Filtro3	DQO	210 mg/L	Laudo: 33054/22 – TDOQ
	SST	112 mg/L	

Efluente Clorado	DQO	176 mg/L	Laudo: 33055/22 – TDOQ
	SST	60 mg/L	
Lodo do Reator Aerado nº 4	DQO	288 mg/L	Laudo: 33056/22 – TDOQ
	SST	84 mg/L	
Lodo do Reator Aerado nº 6	DQO	286 mg/L	Laudo: 33057/22 – TDOQ
	SST	190 mg/L	
Lodo do Decantador nº 3	DQO	57 mg/L	Laudo: 33058/22 – TDOQ
	SST	10 mg/L	
Lodo do Decantador nº 6	DQO	306 mg/L	Laudo: 33059/22 – TDOQ
	SST	133 mg/L	
Esgoto Bruto	DQO	2.770 mg/L	Laudo: 33060/22 – TDOQ
	SST	2.470 mg/L	

Tabela 02 – Resultados de sólidos para os lodos anaeróbios e aeróbios – 2ª campanha

	20/out		26/out		09/nov	
	Lodo anaeróbio	Lodo aeróbio	Lodo anaeróbio	Lodo aeróbio	Lodo anaeróbio	Lodo aeróbio
pH	6,91	6,88	6,45	7,11	6,91	6,88
ST (mg/L)	205		95.275		228.360	
STV (mg/L)	23		85.277		222.083	
SST (mg/L)		502		144		199
SSV (mg/L)		445		135		169
Temperatura	29,7	28,6	28	28,3	29	28,8

Tabela 03 – Resultados de DBO/DQO para esgoto e efluente final – 2ª campanha

	20/out		26/out		03/nov		09/nov	
	Esgoto	Efluente	Esgoto	Efluente	Esgoto	Efluente	Esgoto	Efluente
pH	7,5	6,71	5,01	6,99	7,43	6,88	7,45	6,9
DBO (mgO ₂ /L)	323	196	777	296	421	103	451	226
DQO (mgO ₂ /L)	547	482	1.268	389	567	155	737	375
Efic.DQO(%)		12		69		73		49
Efic.DBO(%)		39		62		76		50

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados das amostras coletadas durante a visita técnica, Tabela 01, indicam uma concentração de DQO no esgoto bruto de 2.770 mg/L, difere de amostras analisadas pela Embasa. Assim, pode-se supor que o afluente à ETE apresenta elevada oscilação em sua concentração, logo, parece ser clara a necessidade de haver um monitoramento analítico mais frequente, além da adoção de coletores automáticos para que seja feito amostragem composta.

A avaliação da concentração de lodo nos reatores UASB reforçam a tese já apresentada, acerca da interrupção de qualquer descarte de lodo até que a manta de lodo possa se desenvolver. Dados de literatura indicam que, tipicamente, a concentração do lodo mais pesado, que se desenvolve no fundo do reator anaeróbio (manta de lodo) mantém-se entre 40.000 à 100.000 mgST/L (CHERNICHARO, 1997), valor bem superior ao encontrado. Por fim, em função das inconsistências já apresentadas e das propostas de intervenção sugeridas, fez-se necessária a realização de nova campanha de monitoramento.

Tabela 02 apresenta os resultados obtidos nessa segunda campanha de monitoramento dos lodos dos processos anaeróbios e aeróbios. No que se refere ao lodo do reator UASB, pode-se verificar que, com exceção da coleta

na data de 20/10, a qual destoa das demais.), os demais valores indicam um expressivo aumento na concentração, quando comparado aos resultados da Tabela 01. Isso evidencia o reflexo das intervenções operacionais impostas, indicando que a manta de lodo está em plena formação, o que proporcionará a melhoria na eficiência dessa etapa.

Contudo, os dados de SST do conteúdo do reator aeróbio indicam, ainda, uma baixa concentração de biomassa. Caso essa situação perdure nas próximas campanhas de monitoramento, deve-se avaliar a aplicação de bioaumentação, utilizando cepas específicas de bactérias (CAMPOS, 2011) para auxiliar no crescimento do lodo biológico

A Tabela 03 apresenta o compilado de resultados obtidos para o esgoto bruto e o efluente final os quais indicam que o processo demonstrava uma tendência de melhoria na eficiência, contudo, na última amostragem, essa expectativa não se confirmou. A baixa eficiência observada na última coleta pode ser por conta da baixa concentração de biomassa no interior do reator.

Deve-se, portanto, impor condições operacionais que permitam o aumento do SSV no conteúdo do reator biológico, para que, com a elevação da densidade populacional das bactérias, possa-se expressar numa maior remoção de matéria orgânica.

Pode-se observar, também, a mesma oscilação já apontada anteriormente, na concentração de DQO/DBO, esse fato, combinado com a baixa carga de SSV no reator, pode ter contribuído para a baixa eficiência.

A recuperação de processos aeróbios com crescimento em suspensão (flocos biológicos), é sempre mais demorada comparada com crescimento aderido (biofilme).

Em conversa com a equipe de operação, constatou-se uma prática muito comum em sistemas conjugados: a introdução contínua do lodo de descarte intencional do decantador secundário no reator UASB. O recalque deste lodo pode ser o responsável pela aparência não pouco anaeróbia do lodo do reator UASB, evidenciando prejuízo à microbiota anaeróbia.

Como forma de equalizar essa ação, posto ser um procedimento recorrente em estações de tratamento de esgoto com configuração semelhante, foi criado um protocolo a ser seguido, descrito abaixo:

- a) Interromper o recalque de lodo de excesso do sistema de lodos ativados no reator UASB, mantendo a recirculação de lodo no sistema de lodos ativados;
- b) Impor controle na altura do manto de lodo do decantador secundário;
- c) Coletar amostra de lodo do ponto mais alto do decantador e realizar análise de sólidos sedimentáveis;
- d) Quando o resultado apontar entre 0,5 e 0,8 mL/L, interromper a recirculação de lodo e iniciar o descarte de lodo de excesso para o reator UASB;
- e) Acompanhar o valor dos sólidos sedimentáveis do ponto mais alto do decantador até que se obtenha resultados inferior à 0,5mL/L;
- f) Nesse momento, interromper o descarte intencional de lodo e retomar a recirculação de lodo no sistema de lodos ativados.

CONCLUSÕES

Com base no exposto, pode-se concluir que:

É fundamental a participação da equipe técnica na fase de construção da ETE, com vistas a verificar a correta instalação, bem como a existência de pontos de coleta de amostras;

Deve-se priorizar a criação de uma rotina operacional que contemple a verificação de todos os principais pontos de processo;

A equipe de operação deve ser capacitada para interagir tanto com os equipamentos da ETE, como com o processo;

Para o controle do processo, é indispensável o monitoramento analítico, no que se refere à parâmetros de medição de eficiência (DBO₅, 20, pH, sólidos sedimentáveis etc.), bem como parâmetros de processo (SST, ST, OD etc.);

Todas as intervenções realizadas nas rotinas devem ser avaliadas e acompanhadas, a fim de ter clareza do nível de melhoria oferecida. É importante manter o monitoramento dos parâmetros de processo e a verificação do atendimento das intervenções solicitadas para um melhor acompanhamento da ETE Chiareta e dos parâmetros ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WEF. (2012). Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 22º Edição.
2. BRASIL. CONAMA –Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução do CONAMA nº 357. Diário Oficial da União, 16 de maio de 2011. Brasília: CONAMA. 2011
3. CAMPOS, A. P. (2011). Enriquecimento e caracterização de bactérias Anammox para a remoção de nitrogênio amoniacal de efluentes. Belo Horizonte, Minas Gerais. Brasil. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal de Minas Gerais: UFMG: 141 p.
4. CHERNICHARO, C.A.L. Princípios do tratamento anaeróbio de águas residuárias: volume 5 - reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Desal/UFMG, 1997.
5. VAN HAANDEL, A. C.; VAN DER LUBBE, J. M. (2015). Handbook of Biological wastewater Treatment Design and Optimisation of Activated Sludge Systems. IWA Publishing; Second Edition; 770 p.
6. RIETOW, J. C. et al.. Consolidação da tecnologia de reatores UASB no estado do Paraná para o tratamento de esgotos sanitários. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 28, n. Eng. Sanit. Ambient., 2023, 28, p. e20220298, 2023.
7. SUBTIL, E. L.; SANCHEZ, A. A.; CAVALHERO, A. Sistemas descentralizados de tratamento de esgoto e reúso de água. Santo André: Universidade Federal do ABC – UFABC, 2016, 19 p.
8. SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Disponível em: <http://www.snis.gov.br/> ; Acesso em 02/02/2023.