

## II-011 - EFEITO DO RECEBIMENTO DE LODOS ORIUNDOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL

**André Luiz Marguti<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Doutorando em Engenharia Hidráulica e Ambiental na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

**Sidney Seckler Ferreira Filho**

Engenheiro Civil pela EPUSP, Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Av. Prof. Almeida Prado, travessa 2, n.271 – Prédio de Engenharia Civil, Cidade Universitária – São Paulo – SP – CEP: 05508-900 – Brasil – Tel.: +55 (11) 3091-5220 – e-mail: [andre.marguti@gmail.com](mailto:andre.marguti@gmail.com).

### RESUMO

Por razões técnicas e ambientais, os resíduos gerados no tratamento de águas para abastecimento público, dentre eles o lodo, devem ser adequadamente tratados antes de serem dispostos no meio ambiente. Uma alternativa é a disposição do lodo de ETA nas ETE, o que dispensa a implantação da linha de tratamento do lodo na ETA. O objetivo deste trabalho foi estudar os impactos ocorridos na ETE ABC, estação de lodos ativados convencional operada pela SABESP, devido ao recebimento do lodo da ETA Rio Grande. Trata-se de caso particular, pois envolve instalações reais, e pelo fato de a ETA apresentar vazão próxima de quatro vezes a vazão da ETE. Os dados utilizados foram obtidos do monitoramento realizado na ETE, incluindo variáveis de qualidade do efluente (DBO, DQO, SST, SSV, nitrogênio amoniacal e total, fósforo e ferro) e do lodo (sólidos), e parâmetros operacionais das unidades (vazões, taxas de aplicação superficial e de sólidos, idade do lodo, tempo de detenção, entre outros). Foi possível analisar o processo de tratamento na ETE e comparar seu desempenho entre dois períodos: “controle” (anos de 2005 e 2006) e “com lodo” (janeiro de 2007 a março de 2008).

No período com lodo, as variáveis que apresentaram maior aumento de concentração no esgoto afluente foram SST, SSV, fósforo e ferro. Ainda neste período, o lodo da ETA contribuiu para maiores eficiências de tratamento da fase líquida na ETE, uma vez que houve a manutenção da qualidade do efluente final, nos níveis exigidos pela legislação, mesmo com o aumento das concentrações afluentes. Este aumento de eficiência foi mais acentuado para o fósforo, e maior nos decantadores primários do que no tratamento secundário, com variações nos parâmetros operacionais que não influíram negativamente no desempenho das unidades. O mesmo ocorreu no tratamento de fase sólida, sendo o maior impacto causado o aumento na produção final de lodo (em kg/dia). Tais conclusões são então favoráveis ao lançamento de lodos de ETA com tratamento convencional em ETE de lodos ativados convencional, mesmo nos casos em que a vazão tratada na ETA exceda em muito a vazão da ETE.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de ETA, Lodos ativados, Tratamento de lodos, Escala real.

### INTRODUÇÃO

O tratamento de águas para abastecimento público, por se tratar de um processo que visa à separação e retirada de impurezas das mesmas, gera certos resíduos. A quantidade de lodo gerada no processo de tratamento depende de diversos fatores, dentre eles a qualidade da água bruta, da qualidade e da dosagem do coagulante empregado, dos métodos de limpeza e lavagem, da automação do processo, etc. (DI BERNARDO, 2005).

Segundo a NBR 10.004, os lodos gerados em estações de tratamento de água (ETA) e de efluentes (ETE) são considerados resíduos sólidos, mesmo sendo composto por mais de 95% de água. Sendo assim, por razões técnicas e ambientais, tais resíduos devem ser adequadamente tratados antes de serem dispostos no meio ambiente. Há diversas formas de tratar o lodo produzido em uma ETA, sendo os métodos mais usados o condicionamento seguido de adensamento e desaguamento, por meio de centrifugas, filtros-prensa, lagoas de secagem, etc. Tal tratamento pode ser realizado nas dependências da ETA ou fora dela.

Uma prática alternativa que está em evidência é a disposição do lodo de ETA nas ETE, utilizando-se então da estrutura já tradicionalmente existente nestas unidades para tratamento concentrado dos lodos de ambas as plantas, garantindo assim redução de custos operacionais (FERREIRA FILHO et al, 2013).

De modo a embasar tecnicamente tal prática, muitas pesquisas vêm sendo feitas nessa área, buscando avaliar os efeitos do lançamento dos lodos de ETA em ETE, nas mais diversas configurações de tratamento de efluentes. Tais efeitos já foram investigados em diversos estudos, realizados para os mais diversos tipos de combinações de vazão e processos de tratamento envolvidos e, em resumo, o que se observa é (ASADA et al, 2010; ASCE, 1996; AWWA, 1999; BABATUNDE e ZHAO, 2007; BABATUNDE et al, 2009; CORNWELL et al. 1987; FERREIRA FILHO et al, 2013, GEORGANTAS e GRIGOROPOULOU 2005; GUAN et al, 2005; ZHAO et al, 2008):

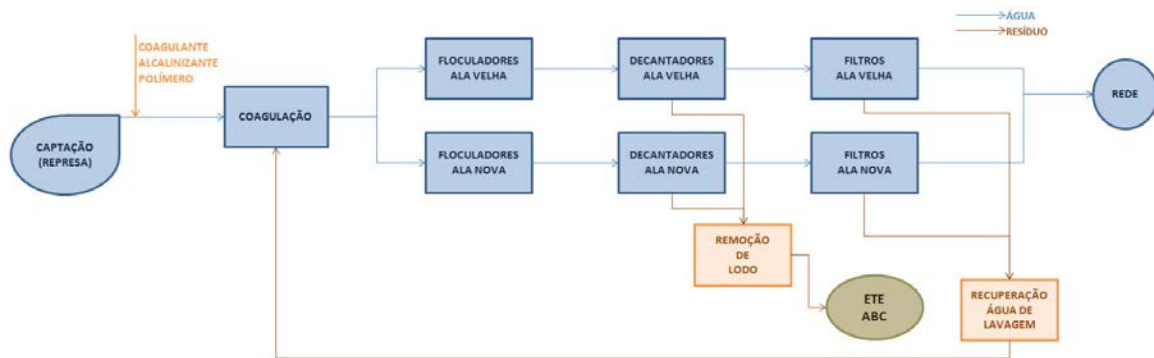
- Maior remoção de matéria orgânica e de fósforo nos decantadores primários após a adição de lodo de ETA, pelos mecanismos de sedimentação por varredura e adsorção nos flocos.
- Diminuição no valor da relação entre sólidos em suspensão voláteis e totais (SSV/SST), uma vez que o lodo de ETA é prioritariamente inorgânico (sólidos fixos);
- Alteração não significativa nos processos de nitrificação;
- Ocorrência de toxicidade pela presença de metais no lodo da ETA, podendo inviabilizar os processos biológicos, principalmente a digestão anaeróbia e o uso do lodo da ETE na agricultura;
- Maior geração volumétrica de lodo nos decantadores primários, lodo este com menor teor de sólidos, causando assim impactos nas instalações de tratamento de fase sólida – maior necessidade de adensamento e maior quantidade de lodo para desaguentamento – e nas linhas de recirculação/retorno de lodo. Podem ocorrer também problemas de sedimentabilidade do lodo (aumento do índice volumétrico do lodo – IVL).

Os estudos acima apresentados obtiveram como conclusão mais importante que a adição de lodo de ETA em ETE, mesmo provocando alterações nos processos, não ocasiona impactos negativos significativos no tratamento de esgoto, independente da concepção processual utilizada na ETE. Entretanto, os estudos existentes são análises em escala de bancada ou piloto, focados em partes do processo de tratamento, principalmente no que se refere à fase líquida, de modo que se faz necessário conhecer melhor os efeitos globais, em ambas as fases do tratamento (líquida e sólida), deste lançamento de lodo de ETA em ETE em escala real, principalmente em estações de grande porte e na combinação mais comum de processos: ETA com tratamento convencional completo e ETE com tratamento por lodos ativados completo.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do lançamento de lodo de uma ETA com tratamento convencional completo em uma ETE com processo convencional de lodos ativados, sendo ambas as plantas de grande porte, localizadas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Tal avaliação teve como foco as variáveis de qualidade do efluente líquido e do lodo ao longo dos respectivos tratamentos, bem como em variáveis operacionais das unidades componentes da ETE, subsidiando, assim, a análise dos efeitos da introdução do lodo da ETA sobre os seguintes aspectos relativos ao processo de lodos ativados: remoção de sólidos nos decantadores primários e secundários; remoção de matéria orgânica nos decantadores e no reator biológico (tanque de aeração); ocorrência do processo de nitrificação, remoção de fósforo e impactos no tratamento de fase sólida.

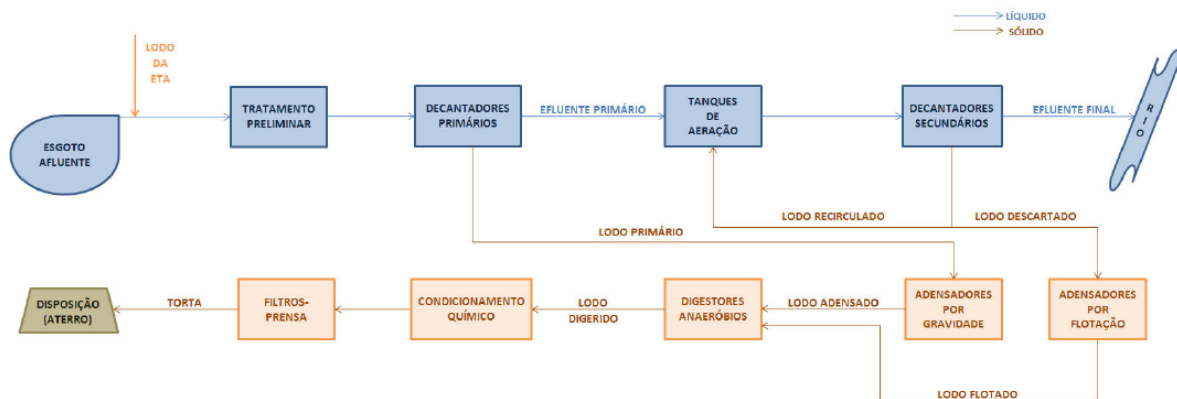
## **METODOLOGIA UTILIZADA**

A ETA Rio Grande apresenta tratamento convencional da água, com vazão de 4,5 m<sup>3</sup>/s, correspondendo a 6,5% da vazão total tratada na RMSP, sendo responsável pelo abastecimento de 1,2 milhões de pessoas. Um fluxograma esquemático do seu processo de tratamento é apresentado na Figura 1:



**Figura 1: Fluxograma esquemático do processo de tratamento na ETA Rio Grande.**

A ETE ABC iniciou sua operação em 1978, e atualmente continua com capacidade ociosa (2,0 m<sup>3</sup>/s, contra um total instalado para 3,0 m<sup>3</sup>/s), sendo esta uma das razões para o recebimento do lodo da ETA Rio Grande. A ETE utiliza de processo de lodos ativados convencional, projetado para remover 90% da carga de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e de SST. Um fluxograma esquemático do seu processo de tratamento é apresentado na Figura 2:



**Figura 2: Fluxograma esquemático do processo de tratamento na ETE ABC.**

O lodo da ETA Rio Grande aporta a estação de tratamento de esgotos desde janeiro de 2007, equalizado, juntamente com o esgoto bruto, chegando à ETE através de tubulação dedicada, por gravidade. A Tabela 1 apresenta o aporte de vazão e de sólidos deste lodo.

**Tabela 1: Concentração adicional de SST no esgoto bruto da ETE ABC, decorrente do lançamento do lodo da ETA Rio Grande.**

MÊS	VAZÃO DA ETE ABC (m <sup>3</sup> /dia)	CARGA DE SÓLIDOS NO LODO DA ETA (kg/dia)	VAZÃO LÍQUIDA DE LODO DA ETA (m <sup>3</sup> /dia)	SST ADICIONAL AO ESGOTO BRUTO DA ETE ABC (mg/L)
jan/07	129.600	4.269	213	66
fev/07	134.266	4.615	231	69
mar/07	136.080	5.300	265	78
abr/07	135.043	5.322	266	79
mai/07	129.600	4.557	228	70
jun/07	130.810	4.270	214	65
jul/07	148.781	4.792	240	64
ago/07	125.885	5.030	251	80
set/07	127.267	5.000	250	78
out/07	142.560	7.060	353	99
nov/07	125.539	7.087	354	113
dez/07	146.275	5.310	265	72
jan/08	177.466	6.365	318	72
fev/08	171.504	7.114	356	83
mar/08	152.150	6.173	309	81
<b>MÉDIA</b>				<b>78</b>

Além do lodo da ETA Rio Grande, a ETE ABC passou a receber, em março de 2008, outro efluente não doméstico crítico: chorume, emitido por aterro sanitário. Como seus efeitos sobre o tratamento de esgotos na ETE são diversos em relação aos do lodo da ETA, o período de análise de dados – apresentados a seguir – se estendeu então até esta data.

Definiram-se, então, os dois períodos de análise: os anos de 2005 e 2006 serviram como base para verificação do funcionamento da ETE sem a existência de interferentes, portanto, foi o período “**controle**”. Sendo o lodo da ETA o interferente predominante no período de janeiro de 2007 a março de 2008, definiu-se então o período “**com lodo**”, no qual foram verificados os efeitos da introdução do lodo da ETA sobre a eficiência global do tratamento na ETE.

As variáveis monitoradas neste estudo no esgoto afluente à ETE ABC foram as seguintes: DBO, DQO (demanda química de oxigênio), SST, SSV, razão SSV/SST, NTK (nitrogênio total Kjeldahl), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), fósforo total e ferro total (concentrações em mg/L). As mesmas variáveis foram também observadas no efluente primário e final, determinando-se, assim, a eficiência no tratamento primário e global na ETE, e se este atendeu às exigências das legislações ambientais aplicáveis.

Todos os dados utilizados na análise da ETE foram obtidos a partir do monitoramento realizado na estação pela equipe de operação, compilados em seu relatório gerencial anual, no qual se apresentavam as médias mensais. Realizou-se então um estudo de consistência destas médias mensais, com eliminação de *outliers*, uma análise estatística descritiva, onde se apresentaram média, mediana, desvio, valor máximo, valor mínimo e variação, e por fim uma análise estatística inferencial (testes de hipóteses de comparação de variâncias, médias e regressão robusta). Assim, foi feita a comparação entre períodos e, com isso, puderam-se verificar as eficiências de remoção dos componentes do esgoto e o desempenho da ETE.

A vazão afluente à ETE durante o período de estudo se manteve em torno de 2,0 m<sup>3</sup>/s, sendo a contribuição do lodo da ETA da ordem de 0,1% deste valor.

## RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE – TRATAMENTO DE FASE LÍQUIDA

Os resultados das análises estatísticas para o efluente bruto são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Resultados observados – Qualidade do Efluente Líquido ao longo do tratamento.**

VARI-ÁVEL	PONTO	PERÍODO CONTROLE				PERÍODO COM LODO			
		n	Média e desvio	Eficiência média de remoção		n	Média e desvio	Eficiência média de remoção	
				primária	global			primária	global
SST (mg/L)	Afluente	22	268 ± 61	39% ±	93% ± 2%	15	342 ± 77	48% ±	96% ± 1%
	Primário	22	162 ± 51	12%		15	181 ± 79	16%	
	Efluente	22	18 ± 3	-		15	12 ± 3	-	
SSV (mg/L)	Afluente	22	177 ± 42	40% ±	93% ± 2%	15	208 ± 50	48% ±	96% ± 1%
	Primário	22	105 ± 28	11%		15	110 ± 52	17%	
	Efluente	22	11 ± 2	-		15	7 ± 2	-	
DBO (mg/L)	Afluente	24	212 ± 75	39% ±	92% ± 3%	15	293 ± 108	43% ±	94% ± 3%
	Primário	22	124 ± 36	11%		15	169 ± 83	12%	
	Efluente	24	16 ± 4	-		15	16 ± 5	-	
DQO (mg/L)	Afluente	24	428 ± 87	30% ±	91% ± 2%	13	490 ± 133	34% ±	93% ± 1%
	Primário	24	297 ± 57	9%		13	325 ± 109	12%	
	Efluente	24	36 ± 4	-		13	35 ± 6	-	
SSV/SST	Afluente	22	66,0% ± 3,4%	-	-	15	60,7% ± 4,2%	-	-
NTK (mg/L)	Afluente	23	34 ± 7	7% ±	89% ± 7%	11	37 ± 5	16% ±	85% ± 9%
	Primário	23	32 ± 5	8%		11	30 ± 5	13%	
	Efluente	23	4 ± 3	-		11	5 ± 3	-	
N-NH3 (mg/L)	Afluente	23	21,2 ± 4,4	-	88% ± 9%	15	22,3 ± 3,1	-	81% ± 13%
	Efluente	23	2,7 ± 2,4	-		15	4,2 ± 2,9	-	
Fósforo Total (mg/L)	Afluente	19	5,7 ± 1,5	13% ±	52% ± 11%	15	8,4 ± 4,5	45% ±	88% ± 15%
	Primário	19	5,0 ± 1,0	13%		15	4,4 ± 2,8	24%	
	Efluente	19	2,7 ± 0,6	-		15	0,7 ± 0,7	-	
Ferro Total (mg/L)	Afluente	22	8,3 ± 5,3	33% ±	92% ± 6%	10	41,2 ± 23,9	51% ±	96% ± 6%
	Primário	22	5,5 ± 4,0	19%		10	16,6 ± 10,8	27%	
	Efluente	22	0,5 ± 0,2	-		10	0,9 ± 0,6	-	

A contribuição do lodo da ETA alterou as qualidades do esgoto bruto afluente ao tratamento na ETE ABC, verificada pelas concentrações de matéria orgânica (medida em termos de DBO), sólidos (SST e SSV), fósforo e ferro totais. Para as duas últimas, observaram-se as maiores alterações relativas – a concentração afluente de ferro quintuplicou, enquanto para o fósforo houve aumento próximo de 50%.

Em termos de sólidos, o aumento de concentração no período com lodo foi majorado também por fator externo ao lançamento de lodo da ETA. Além disso, observou-se uma diminuição na relação SSV/SST (de 66% para 61%), pelo maior aporte de material inorgânico contido no lodo da ETA. No tocante às concentrações de DQO e nitrogênio (amoniacoal e total), não se observou alterações significativas de qualidade no esgoto afluente à ETE ABC no período com lodo, sendo isto já esperado para o caso do nitrogênio.

A remoção global de sólidos ao longo do tratamento de fase líquida aumentou com o lançamento de lodo da ETA, acarretando em concentrações aproximadamente 30% menores de sólidos no efluente final, mesmo com o aumento da concentração no esgoto afluente. Nos decantadores primários, as eficiências de remoção de

sólidos mantiveram-se as mesmas que no período controle, acarretando em maiores concentrações no efluente primário. Nos tanques de aeração, o processo biológico não sofreu prejuízos com o recebimento do lodo da ETA em termos de crescimento microbiológico, uma vez que as concentrações de sólidos nestes tanques apresentaram aumento mais acentuado no período com lodo que no período controle, ultrapassando 4,0 g/L (ver adiante Tabela 3). Em relação aos decantadores secundários, mesmo com o aumento da vazão e quantidade de sólidos afluentes, houve melhoria na remoção de sólidos, apresentada pela melhor qualidade do efluente final – as taxas de aplicação (superficial e de sólidos) apresentaram aumento, porém se mantiveram ainda abaixo dos valores de projeto e norma.

A remoção de material orgânico pelo tratamento de fase líquida da ETE, avaliado pelas concentrações de DBO e de DQO, sofreu alterações semelhantes ao caso dos sólidos: houve maiores eficiências de remoção no período com lodo, uma vez que se aumentaram as concentrações no esgoto afluente e se manteve a qualidade do efluente final no tocante à DBO e DQO, quando comparado com o período controle. O aumento na eficiência de remoção se deve ao tratamento secundário (tanques de aeração mais decantadores secundários), uma vez que o tratamento primário se manteve com as mesmas características – concentração no efluente primário e eficiência de remoção nos decantadores – em ambos os períodos. Vê-se, portanto, que não ocorreu qualquer inibição do tratamento biológico na ETE. Observou-se tendência de prejuízo à sedimentabilidade do lodo, pelo aumento de IVL (índice volumétrico do lodo) até 117 mL/g. Este valor, entretanto, manteve-se ainda abaixo de valores limites encontrados na literatura (150 mL/g). Nos tanques de aeração houve manutenção da idade do lodo de um período para o outro, e aumento aceitável na relação A/M.

Em relação ao nitrogênio, pode-se afirmar que as remoções das formas analisadas (amoniacal e total) não foram influenciadas de forma alguma com o lançamento de lodo da ETA Rio Grande na ETE ABC, uma vez que praticamente mantiveram-se em ambos os períodos as concentrações afluentes e efluentes nas unidades de tratamento primário e secundário da fase líquida na ETE, com consequente manutenção das eficiências de cada unidade – médias acima de 80% de remoção global, mesmo a ETE não tendo sido projetada para ocorrência de nitrificação e desnitrificação.

Para a variável de qualidade fósforo total, observou-se as melhorias de remoção conforme indicado na literatura: mesmo com o aumento em quase 50% de concentração afluente, advindo com o lodo da ETA Rio Grande no período em que houve o recebimento deste, as concentrações no efluente final da ETE diminuíram significativamente no período com lodo – média de 0,7 mg/L, contra 2,7 mg/L no período controle. O tratamento primário apresentou aumento na eficiência de remoção de fósforo no segundo período, diminuindo a maior concentração afluente até o mesmo nível de qualidade do efluente primário do período controle.

A concentração de ferro total afluente aumentou cinco vezes no período com lodo, advindo do coagulante utilizado na ETA Rio Grande (sulfato férrico). A eficiência de remoção global de ferro no tratamento de fase líquida da ETE ABC se manteve praticamente a mesma nos dois períodos, impactando assim na concentração de ferro no efluente final, a qual também foi maior no segundo período. Em relação ao tratamento primário, a eficiência de remoção nos decantadores aumentou no período com lodo (de 30% para 60%), garantindo a manutenção das concentrações no efluente primário.

## **RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE – VARIÁVEIS OPERACIONAIS DO TRATAMENTO DE FASE LÍQUIDA**

Os resultados observados para as variáveis operacionais do tratamento de fase líquida, em ambos os períodos de estudo, são apresentados na Tabela 3:

**Tabela 3: Resultados observados - Variáveis operacionais do tratamento de fase líquida.**

UNIDADE	PARÂMETRO	PERÍODO	n	MÉDIA ± DESVIO
Decantador primário	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Controle	24	1,33 ± 0,09
		Com lodo	14	1,6 ± 0,15
	TAS (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia)	Controle	24	37 ± 7
		Com lodo	14	35 ± 9
Tanque de aeração	SST no tanque (mg/L)	Controle	23	3.583 ± 892
		Com lodo	15	4.164 ± 1.313
	SSV no tanque (mg/L)	Controle	23	2.414 ± 593
		Com lodo	15	2.643 ± 800
	Idade do lodo (dias)	Controle	24	4,3 ± 0,4
		Com lodo	15	4,2 ± 0,4
	A/M (kg DBO/kg SSV.dia)	Controle	24	0,33 ± 0,08
		Com lodo	15	0,51 ± 0,15
IVL (mL/g)	Controle	24	68 ± 23	
	Com lodo	14	117 ± 40	
Decantador secundário	TAS (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia)	Controle	24	18 ± 2
		Com lodo	15	21 ± 4
	TASol (kg/m <sup>2</sup> .dia)	Controle	24	66 ± 19
		Com lodo	15	83 ± 19
	Vazão de Lodo Recirculado (L/s)	Controle	24	1.145 ± 81
		Com lodo	15	1.299 ± 101
	Vazão de Lodo Descartado (L/s)	Controle	24	22,59 ± 2,88
		Com lodo	14	25,24 ± 3,08
	SST - Lodo Secundário (mg/L)	Controle	23	6.994 ± 2.084
		Com lodo	15	7.388 ± 2.052
SSV - Lodo Secundário (mg/L)	Controle	23	4.739 ± 1.376	
	Com lodo	15	4.696 ± 1.220	

Em termos de taxa de aplicação superficial nos decantadores primários, sua média não sofreu alterações significativas de um período para outro, continuando em torno de 35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia, abaixo dos valores de projeto recomendados pela literatura. Com isso, não se pode afirmar que ocorreram prejuízos operacionais nos decantadores primários com o lançamento do lodo da ETA.

No tratamento secundário, não se observou nos tanques de aeração qualquer inibição dos processos biológicos do período controle no período com lodo, ocorrendo aumento da concentração de sólidos nos reatores, na relação A/M e no IVL, mas ainda operando nas faixas indicadas na literatura –, além da manutenção da idade do lodo. Para os decantadores secundários, houve aumento da TAS e da TASol no período com lodo, mas os valores destas variáveis – 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia e 80 kg/m<sup>2</sup>.dia, respectivamente – ainda se mantiveram bastante abaixo dos limites máximos estabelecidos em norma.

## **RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE – VARIÁVEIS OPERACIONAIS E DE QUALIDADE NO TRATAMENTO DE FASE LÍQUIDA**

Os resultados observados para as variáveis operacionais do tratamento do lodo na ETE, em ambos os períodos de estudo, são apresentados na Tabela 4:

**Tabela 4: Resultados observados - Variáveis operacionais e de qualidade do tratamento de fase sólida.**

UNIDADE	PARÂMETRO	PERÍODO	n	MÉDIA ± DESVIO
Adensamento de lodo por gravidade	Vazão de Lodo Primário (L/s)	Controle	24	7,21 ± 3,05
		Com lodo	15	10,51 ± 3,56
	SST - Lodo Primário (mg/L)	Controle	23	27.572 ± 3.816
		Com lodo	15	28.932 ± 7.371
	SSV - Lodo Primário (mg/L)	Controle	24	16.194 ± 2.171
		Com lodo	15	14.892 ± 2.287
	TAS (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h)*	Controle	24	0,7 ± 0,3
		Com lodo	15	1,2 ± 0,5
	TASol (kg/m <sup>2</sup> .dia)**	Controle	23	18,4 ± 7,1
		Com lodo	15	33,5 ± 16,3
Adensamento de lodo por flotação	Vazão afluyente (L/s)	Controle	24	22,59 ± 2,88
		Com lodo	14	25,24 ± 3,08
	SST – Lodo Biológico (mg/L)	Controle	23	6.994 ± 2.084
		Com lodo	15	7.388 ± 2.052
	TASol (kg/m <sup>3</sup> .dia)	Controle	23	90 ± 33
		Com lodo	14	109 ± 38
	Vazão de Lodo Flotado (L/s)	Controle	24	1,96 ± 1,4
		Com lodo	15	1,18 ± 0,95
	SST - Lodo Flotado (%)	Controle	20	2,3 ± 0,3
		Com lodo	14	2,5 ± 0,6
	SSV - Lodo Flotado (%)	Controle	20	1,6 ± 0,3
		Com lodo	14	1,6 ± 0,4
Digestores	Vazão afluyente (L/s)	Controle	24	5,1 ± 1,3
		Com lodo	15	8 ± 1,8
	Tempo de Detenção (dias)	Controle	23	48 ± 11
		Com lodo	15	32 ± 7
	Produção de Gás (m <sup>3</sup> /dia)	Controle	21	1.759 ± 702
		Com lodo	15	2.998 ± 1.121
	Vazão Lodo Digerido (L/s)	Controle	24	3,2 ± 0,94
		Com lodo	14	5,2 ± 1,36
	ST lodo digerido (%)	Controle	23	3,7 ± 0,3
		Com lodo	15	3,6 ± 0,6
	SV lodo digerido (%)	Controle	23	1,9 ± 0,2
		Com lodo	15	1,8 ± 0,2
Remoção de SV (%)	Controle	24	12,3 ± 10,6	
	Com lodo	15	17,2 ± 6,7	
Condicionamento químico e Desidratação	Consumo de CaO (kg/dia)	Controle	24	2.603 ± 875
		Com lodo	15	5.384 ± 1.453
	Consumo de FeCl <sub>3</sub> (kg/dia)	Controle	24	2.093 ± 693
		Com lodo	15	2.910 ± 769
	Produção final de lodo (t/d)	Controle	24	50,8 ± 13,3
		Com lodo	13	76,8 ± 13
	Teor de sólidos lodo desidratado (%)	Controle	24	35,9 ± 2,5
		Com lodo	15	36,1 ± 3,9



O maior aporte de sólidos no afluente à ETE no período com lodo e o aumento da eficiência de remoção dos decantadores primários destes sólidos acarretaram em uma maior geração volumétrica de lodo primário (vazão em L/s), com a qual se percebeu diminuição tanto na concentração de SST quanto de SSV neste período, ou seja, obteve-se um lodo mais diluído, conforme esperado. Além disso, no período com lodo foi observada maior vazão de lodo adensado por gravidade, com indícios de diminuição no teor de sólidos do mesmo, em termos de SST. Porém, não se pode atribuir como causa desta diminuição de performance dos adensadores o aumento tanto da sua TAS quanto da sua TASol, uma vez que os valores de teor de sólidos resultante se mantiveram acima dos 3% e as taxas também se mantiveram abaixo dos limites máximos de projeto da ETE, os quais respeitam a norma brasileira e a literatura.

O aumento na concentração de sólidos nos tanques de aeração e a manutenção da idade do lodo em torno de 4 dias na operação destes biorreatores durante o período com lodo levaram a uma maior geração de lodo secundário nos decantadores circulares, implicando em maiores vazões de recirculação e de descarte de lodo. Com isso, os flotores passaram a receber maior carga de sólidos, mas a qual não alterou de maneira significativa a TASol, de modo que o desempenho da unidade se manteve como no período controle, com teor de sólidos no lodo flotado da ordem de 2,5%. Uma vez que se manteve o TS no lodo flotado, mesmo com o aumento da vazão de lodo afluente aos flotores, ocorreu, então, uma diminuição na vazão volumétrica deste lodo efluente.

Em relação aos digestores, como o aporte de lodo adensado, somatória das parcelas adensada por gravidade e por flotação, aumentou no período com lodo, observou-se como consequência uma maior vazão de lodo digerido, bem como uma diminuição no tempo de detenção nos digestores de 48 dias para 32 dias. Porém, mesmo com esta diminuição, a performance dos digestores não foi prejudicada em relação ao observado no período controle, ocorrendo a manutenção da eficiência de remoção de SV, inclusive com maior tendência de diminuição das concentrações de SV e ST no lodo digerido no período com lodo, praticamente dobrando a produção de gás.

Por fim, observou-se no período com lodo o aumento no consumo de produtos químicos em relação ao período controle, decorrente da maior vazão afluente ao sistema de condicionamento e desidratação, sendo este aumento mais significativo para a cal – praticamente dobrou-se o consumo. Na desidratação, houve manutenção dos valores médios de teor de sólidos na torta, próximos de 40%, decorrendo disto também uma maior produção mássica final de torta na desidratação.

## **CONCLUSÕES**

Com os dados acima analisados, pode-se concluir que em escala real os impactos de lançamento de lodo de ETA em uma ETE estão de acordo com os estudos de bancada e piloto, isto é, o lodo da ETA Rio Grande não causou alterações negativas significativas na qualidade do efluente final da ETE ABC.

Houve manutenção da remoção de matéria orgânica, sólidos, nitrogênio e ferro, e melhorias na remoção de fósforo, mesmo com o aumento da concentração afluente para todas as variáveis analisadas. As variáveis operacionais de tratamento da fase líquida se mantiveram em faixas aceitáveis segundo a literatura e boas práticas de engenharia. As instalações de tratamento de lodo na ETE absorveram adequadamente o maior aporte de sólidos com a adição do lodo da ETA, principalmente através do lodo primário.

Tais conclusões são então favoráveis ao lançamento de lodos de ETA em ETE, mesmo em um caso em que a vazão tratada na ETA se igual ou excede a vazão da ETE. São casos bastante frequentes no Brasil, que podem ter melhor destinação dos lodos, sobrecarregando menos os aterros sanitários.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ANDREOLI, C. et al. Lodos de Esgoto: Tratamento e Disposição Final. 1a ed.rev. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2001. v. 6.
2. ASADA, L. N., SUNDEFELD, G. C., ALVAREZ, C. R; FERREIRA FILHO, S. S.; PIVELLI, R. P. (2010) Water treatment plant sludge discharge to wastewater treatment plant works: Effects on the operation of Upflow Anareobic

- Sludge Blanket Reactor and Activated Sludge Systems. *Water Environment Research*, volume 82, number 5, 392-400.
3. ASCE - American Society of Civil Engineers. AWWA - American Water Works Association. USEPA – United States Environmental Protection Agency. (1996). *Management of water treatment plant residuals: technology transfer handbook*. New York and Denver, USA.
  4. AWWA - American Water Works Association. *Water quality and treatment a handbook of community water supplies*. 5th ed. New York, McGraw-Hill, c1999. 1 v.
  5. BABATUNDE, A. Q., ZHAO, Y. Q. (2007). Constructive approaches toward water treatment works sludge management: An international review of beneficial reuses. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 37, 129-164.
  6. BABATUNDE, A. Q. et al. (2009) Characterization of aluminum-based water treatment residual for potential phosphorus removal in engineered wetlands. *Environmental Pollution*, 157, 2830-2836.
  7. CORNWELL, D. A. American Water Works Association Foundation. (1987). *Water Treatment plant waste management*. Denver, USA.
  8. DI BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2a ed. São Carlos: Rima/ABES, 2005. v. 1 e v. 2.
  9. FERREIRA FILHO, S. S.; PIVELLI, R. P; CUTOLO, S. A; OLIVEIRA, A. A. (2013) Water treatment plant sludge disposal into stabilization ponds. *Water Science & Technology*, 65.5, 1017-1025.
  10. GEORGANTAS, D.A., GRIGOROPOULOU, H.P. (2005) Phosphorus removal from synthetic and municipal wastewater using spent alum sludge. *Water Sci. Technol.* 52: 525–532. PMID:16459830.
  11. GUAN, X. H.; CHEN, G. H.; SHANG, C. (2005) Reuse of Water Treatment Works Sludge to Enhance Particulate Pollutant Removal from Sewage. *Water Res.*, 39, 3433-3440.
  12. SCALIZE, P. S. Disposição de resíduos gerados em estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto. 2003. 146 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
  13. ZHAO, Y. Q. et al. (2008). Use of dewatered alum sludge as main substrate in treatment reed bed receiving agricultural wastewater: long-term trial. *Bioresource Technology*, 100, 644-648.