

## **II-443 – AVALIAÇÃO DA DIGESTÃO ANAERÓBIA DE LODO DE ESGOTO EM CONDIÇÕES MESOFÍLICAS**

**Eric Wormman Maffazzoli<sup>(1)</sup>**

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq.

**Bruna Scandolaro Magnus<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina. Bolsista de Iniciação Científica da Companhia de Águas e Saneamento de Santa Catarina (CASAN).

**Anigeli Dal Mago<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

**Wanderli Rogério Moreira Leite<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado do Pará. Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutorando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Bolsista do CNPq.

**Paulo Belli Filho<sup>(1)</sup>**

Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Engenheiro Sanitarista formado pela UFSC. Mestre pela EESC/USP. Doutor pela Université de Rennes.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Departamento de Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Laboratório de Efluentes– Campus Universitário – Trindade – Florianópolis, SC, CEP – 88010-970. Caixa Postal 476, Telefone: (48) 3331-7743. E-mail [ewmaff@yahoo.com.br](mailto:ewmaff@yahoo.com.br)

### **RESUMO**

O lodo gerado durante o tratamento de esgoto sanitário apresenta um elevado custo para sua disposição final além de um grande potencial poluidor ao meio ambiente. Desta forma tornou-se necessário a aplicação de tecnologias visando um gerenciamento mais eficaz desse resíduo. A presente pesquisa tem por objetivo a redução do volume do lodo produzido em uma estação de tratamento de esgotos (ETE), considerando a estabilização dos sólidos e a consequente verificação da produção de biogás. O estudo foi conduzido em um digestor piloto com volume útil de 100 L, dotado de sistema de agitação e de controle de temperatura (35°C), instalado em uma ETE do tipo lodo ativado de Florianópolis, SC. Foram avaliados duas vezes por semana os seguintes parâmetros: pH, DQO, alcalinidade e acidez para amostras de lodo afluente e efluente do sistema. O digestor apresentou uma relação acidez/alcalinidade superior àquela considerada favorável ao seu desempenho (0,1 a 0,5), entretanto as médias de pH se aproximaram à neutralidade (7,19) contrariando a expectativa de um meio reacional mais ácido, sem haver prejuízos no desempenho da degradação da DQO e na produção do biogás. Quanto à remoção da matéria orgânica do lodo afluente, foi verificado que 50% dos valores de DQO do efluente apresentaram concentração inferior a 5,0 g/L, o que denota o bom funcionamento do digestor na degradação do material biodegradável do lodo. A produção do biogás foi observada durante todo o período experimental sendo que os maiores registros de gás metano (>60%) ocorreram concomitantemente com as maiores eficiências na remoção da DQO do sistema (>50%).

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo adensado, Digestão anaeróbia, Biogás, Mesofílico.

### **INTRODUÇÃO**

Juntamente com o crescimento da população e consequentemente da urbanização em nosso país aumentou-se a necessidade de um tratamento mais eficaz e de uma melhor disposição de resíduos.

Geralmente, a fase mais onerosa do tratamento de águas residuárias é o tratamento e disposição final do lodo os quais podem alcançar até 60% do orçamento operacional para o controle da poluição das águas (MUHAMMAD et al., 2011).

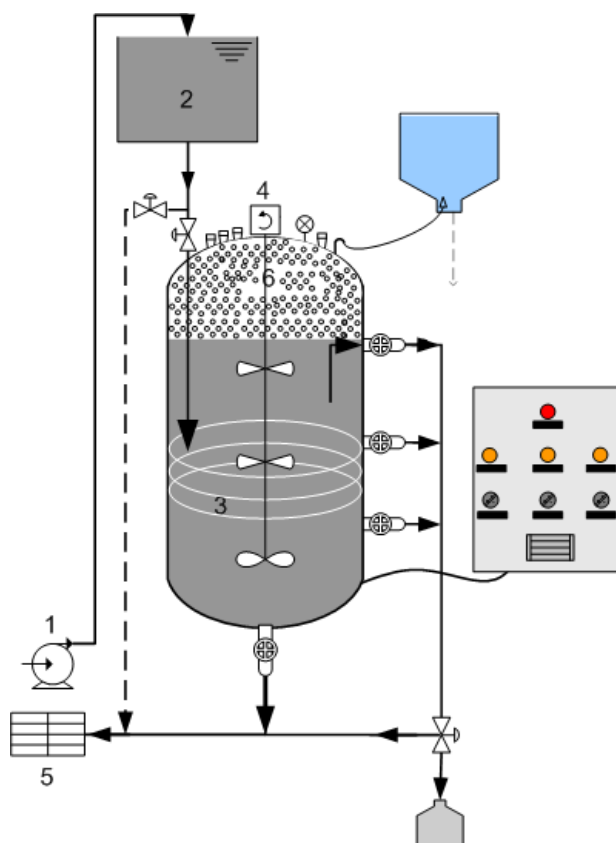
Em função da necessidade de um destino sustentável aos lodos produzidos em ETE deve-se buscar e pesquisar estratégias para o seu gerenciamento. A digestão anaeróbia (DA) é um processo apropriado para o tratamento de lodos previamente à sua disposição final, sendo conhecida como a mais importante e antiga técnica de estabilização de lodos (METCALF e EDDY, 2003), resultando na destruição dos sólidos voláteis (SV) e produção de biogás, o que reflete em menores custos de disposição final.

Dessa forma o presente projeto visa a redução da quantidade de lodo produzido por uma ETE bem como uma maior estabilização de sólidos do mesmo, possibilitando que seja empregada uma disposição final diferente da praticada atualmente, reduzindo com isso os custos desse processo e também minimizando os impactos gerados pela produção desse resíduo. Além disso, também é objeto de estudo do trabalho a viabilização da produção de biogás pelo processo de digestão da matéria orgânica, o qual poderia ser aproveitado posteriormente para a geração de energia.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo gerado durante o tratamento de esgoto sanitário apresenta um elevado custo para sua disposição final além de um grande potencial poluidor ao meio ambiente (METCALF & EDDY, 2003). Desta forma tornou-se necessário a aplicação de tecnologias visando um gerenciamento mais eficaz desse resíduo.

A digestão anaeróbia do lodo foi efetuada em um digestor piloto de alta carga (Figura 1), fabricado em aço inoxidável, com volume útil de 100 L, dotado de sistema de agitação e resistência elétrica tipo baioneta para controle de temperatura (35°C).



**Figura 1** Representação esquemática do digestor piloto de lodo adensado. (1: recalque de lodo adensado, 2: reservatório de lodo, 3: sistema de aquecimento, 4: sistema de agitação, 5: dreno, 6: câmara de biogás).

Duas vezes por semana durante o período que corresponde entre os dias 03/11/2011 e 25/07/2012 (período experimental entre os dias 210 e 475) eram realizadas coletas da entrada (AD), e saída do digestor (DIG), bem

como análises da composição química do biogás produzido no processo de digestão através de um analisador de gás GEM 2000.

O material coletado era submetido a análises de monitoramento do processo conforme metodologias descritas em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA,2005). A Tabela 1 apresenta um resumo das análises físico-químicas realizadas no período descrito.

**Tabela 1: Métodos laboratoriais e frequência das análises realizadas**

Amostras	Análises	Método	Frequência
Lodo bruto e efluente	DQO	Método colorimétrico em refluxo fechado (SM* 5220D)	Duas vezes por semana
Lodo bruto e efluente	pH	pHmetroQuimis 400 <sup>a</sup>	Duas vezes por semana
Lodo bruto e efluente	Alcalinidade	Titulométrico (SM 2320B)	Duas vezes por semana
Lodo bruto e efluente	Acidez	Titulométrico(SM 2310)	Duas vezes por semana

\* Standard Methods

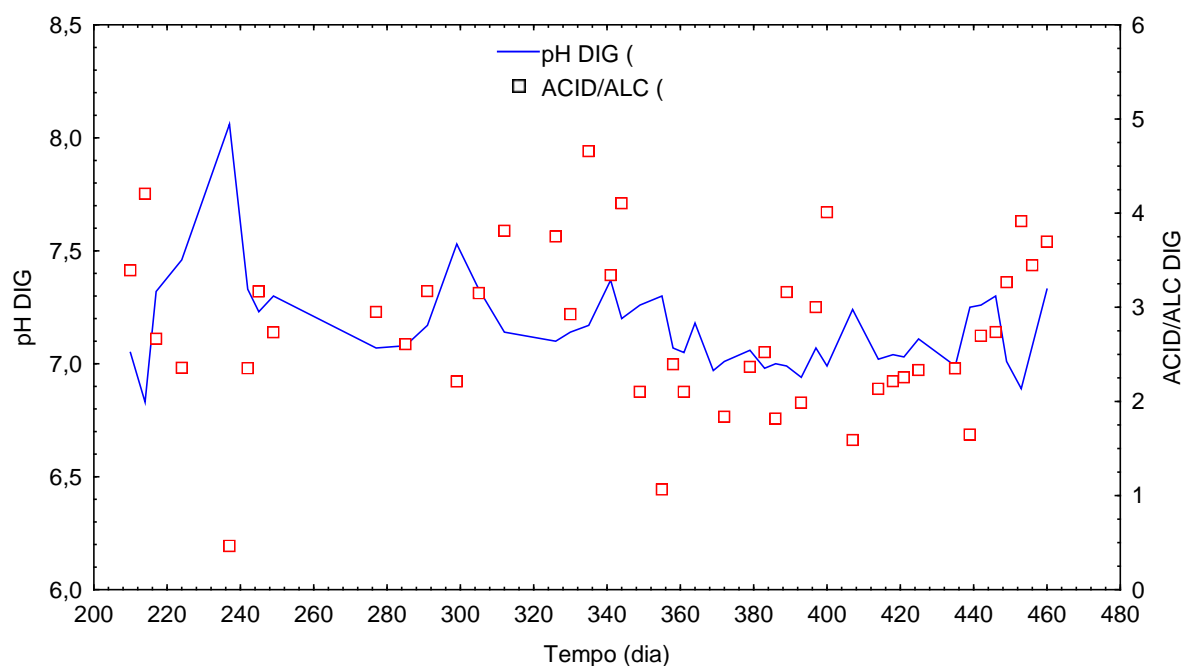
## RESULTADOS

A avaliação da distribuição dos dados pode ser realizada pela análise da assimetria e da curtose (Tabela 2). Pode-se perceber que a assimetria apresentou valor positivo para todas as variáveis, exceto a concentração de CH<sub>4</sub>, pH e DQO do lodo adensado desta forma, evidencia-se a existência de um maior volume de observações (concentrações) para à esquerda da média e por outro lado, uma “cauda” do lado direito mais longa. Relativamente à curtose, observa-se que os valores obtidos em geral distanciam-se da condição de distribuição normal (curtose igual a zero), especialmente para o pH DIG, e por isso as curvas representativas tendem a ser mais achatadas em sua parte superior (platicúrtica). Os valores médios e medianos para todas as variáveis apresentaram pouca diferença entre si, condição que favorece a representação da distribuição normal nessas variáveis.

**Tabela 2: Estatística descritiva dos dados coletados**

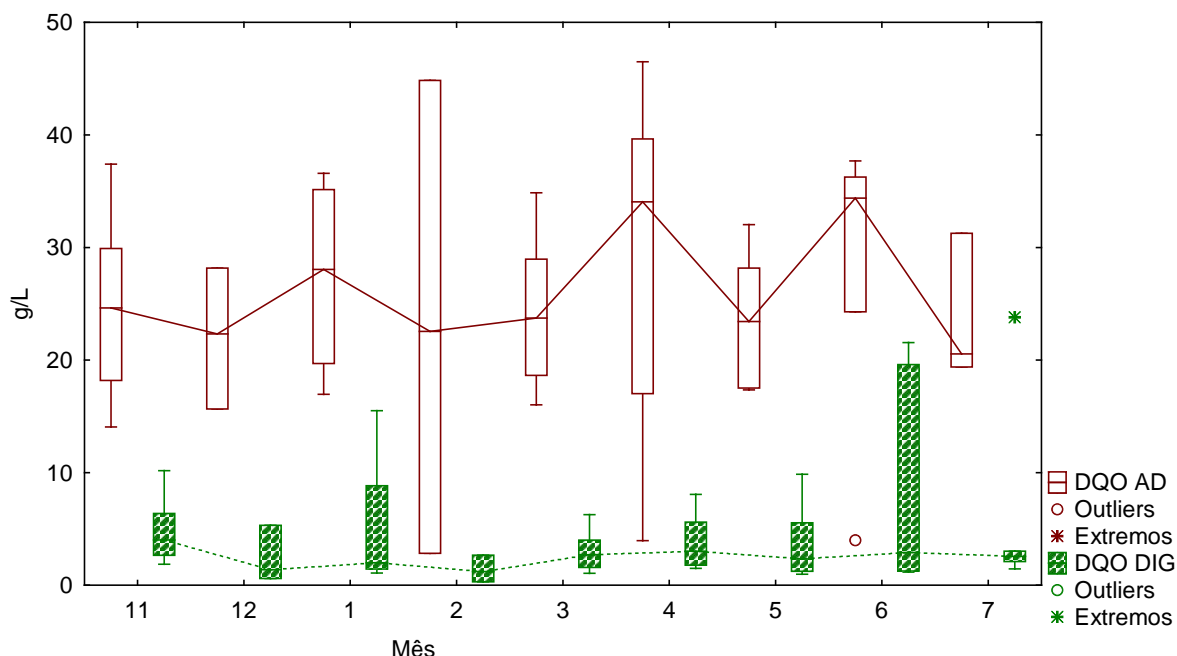
Variável	N.	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio	Assimetria	Curtose
pH AD	45,00	6,56	6,62	5,89	6,91	0,24	-0,77	0,49
pH DIG	45,00	7,16	7,11	6,83	8,06	0,21	1,97	7,08
ALC AD	46,00	1136,87	1100	420,00	2040	345,27	0,29	0,17
ALC DIG	46,00	1551,54	1580	1200,00	2200	209,94	0,49	0,55
ACID AD	45,00	5148,89	5000	2230,00	9640	1639,53	0,55	-0,00
ACID DIG	45,00	4213,48	3780	866,67	8200	1589,57	0,51	-0,07
DQO AD	48,00	25,73	25,23	2,84	46,50	10,39	-0,32	-0,12
DQO DIG	50,00	4,47	2,56	0,30	23,78	5,25	2,45	5,78
CH <sub>4</sub>	37,00	49,09	49,60	19,70	64,90	12,07	-0,78	-0,22

A Figura 2 exibe o comportamento do pH do digestor e a sua relação acidez/alcalinidade. Segundo Silva (1977), a relação acidez/alcalinidade é indicadora da capacidade tamponante do digestor, sendo uma relação entre 0,1 a 0,5 uma condição favorável ao processo anaeróbico. Valores superiores podem indicar mau funcionamento do digestor. Verifica-se que embora a relação ACID/ALC tenha resultado na maioria dos casos em valores inteiros maiores que zero esta não foi determinante para o bom funcionamento do digestor, visto que as medidas de pH estiveram em média 7,16, sem haver perdas significativas nas eficiências de degradação da DQO e na produção do biogás.



**Figura 2: Comportamento de variáveis de controle operacional do digester**

Verifica-se através da Figura 3, que a DQO do afluente (DQO AD) apresentou elevada dispersão de valores entre 2,84 e 46,5 g/L. A matéria orgânica presente no lodo efluente (DQO DIG) apresentou menor dispersão de concentração variando em sua maioria entre 1 e 10 g/L. Considerando o agrupamento de dados por mês, verifica-se que as medianas para o lodo digerido apresentaram valor similar, enquanto que o lodo adensado apresentou elevada variação de concentração, especialmente no mês de fevereiro/2012.

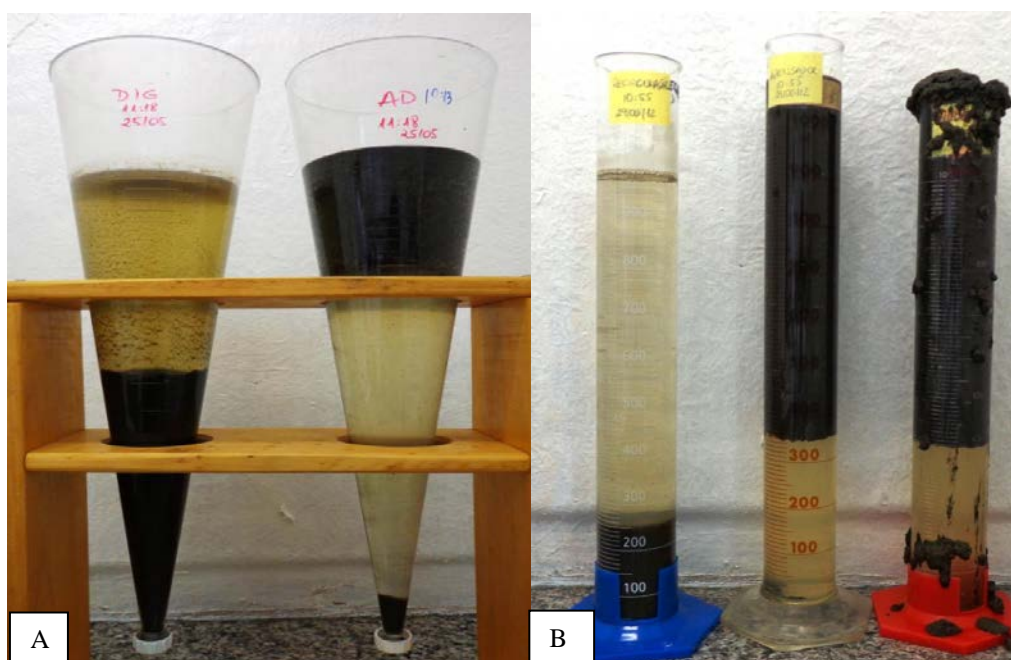


**Figura 3: Variação da DQO para o afluente e efluente**

A representação por Box-plot exibe em todos os meses que 50% dos valores de DQO DIG apresentaram valores inferiores a 5,0 g/L, o que denota o bom funcionamento do digester na degradação do material biodegradável do lodo adensado. A grande dispersão apresentada em DQO AD pode estar associada a problemas operacionais da ETE em estudo na produção e adensamento de seu lodo.

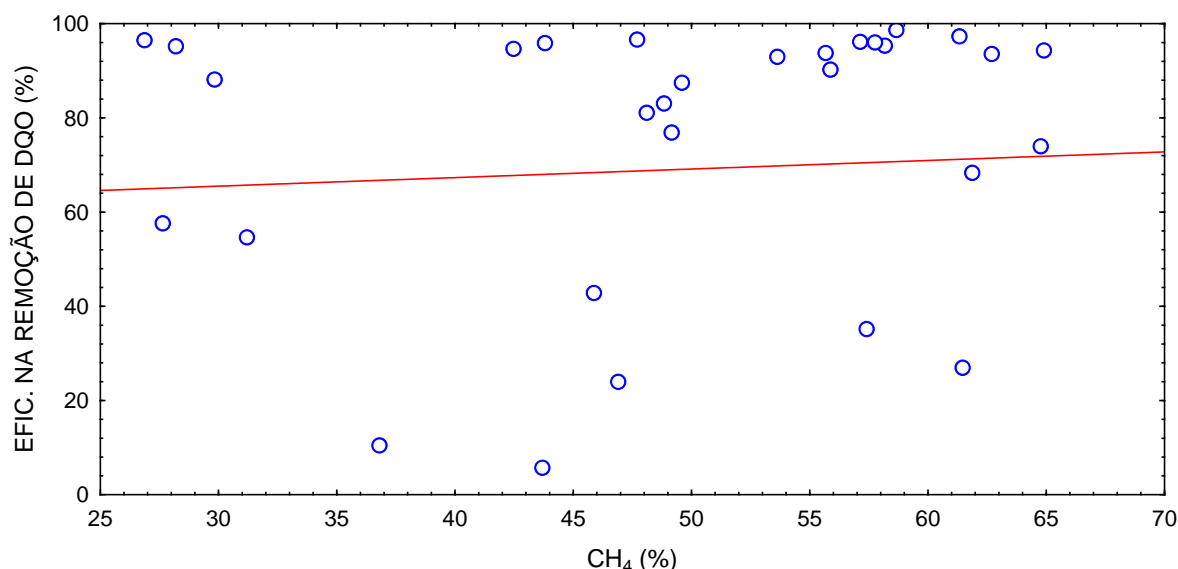
Dentre esses problemas pode-se citar: uma possível formação de microrganismos filamentosos no lodo, os quais apresentam uma difícil sedimentação, resultando em uma diminuição da eficiência do decantador secundário e do adensador de lodo; problemas operacionais na formação do lodo ativado, como uma sobrecarga dos tanques de aeração; ou problemas relacionados ao TDH nos adensadores de lodo. A operação com um TDH muito elevado pode resultar em uma decomposição anaeróbia de lodo nos adensadores por gravidade, liberando  $\text{CH}_4$  e ocasionando uma flotação dos sólidos, interferindo substancialmente no processo de sedimentação e captura de sólidos (SILVA, VON SPERLING e OLIVEIRA FILHO, 2007). Porém um TDH muito curto também pode interferir na eficácia dos adensadores de lodo, pois pode não possibilitar a conclusão do processo de sedimentação dos mesmos.

A Figura 4 apresenta uma verificação dos problemas de sedimentação relacionados ao lodo em estudo.



**Figura 4:** Análise visual de problemas relacionados ao lodo em estudo. (A) flotação do lodo adensado (B) sedimentação de sólidos do lodo ativado recirculado (*proveta azul*); e tendência de flotação para amostras posteriores à etapa de adensamento.

A Figura 5 apresenta a correlação entre a eficiência de remoção da matéria orgânica e a concentração de  $\text{CH}_4$ .



**Figura 5: Correlação entre eficiência de remoção da DQO e concentração de CH<sub>4</sub>**

Verificou-se que as maiores composições de gás metano no biogás (acima de 50%) ocorreram nos momentos em que a eficiência de remoção da DQO do lodo adensado foi superior a 60%. Isto infere na conversão máxima da matéria orgânica, pois este processo leva à formação do CH<sub>4</sub>, principal subproduto do metabolismo anaeróbio, o que indica uma boa eficiência no processo global de conversão anaeróbia de compostos orgânicos (CHERNICHARO, 1997).

## CONCLUSÕES

A digestão anaeróbia do lodo produzido na estação de tratamento de esgoto em estudo resultou na redução da fração biodegradável deste resíduo e consequentemente levou à redução de seu volume. Quanto às condições ambientais, o digestor operou em condição de pH próximo à neutralidade, embora a elevada relação acidez/alcalinidade no sistema. O biogás foi produzido em todo o período experimental e sua maior composição em gás metano ocorreu para as maiores eficiências de remoção da DQO. Em geral o processo anaeróbio ocorreu de forma contínua no digestor, com um desempenho satisfatório no tratamento (estabilização) do lodo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21<sup>a</sup> ed. Washington D.C., 2005.
2. CHERNICHARO, C.A. de L. **Digestores anaeróbios** – Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v.5. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.
3. METCALF & EDDY, Inc., **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**, 4th ed., McGraw-Hill, New York, (2003).
4. MUHAMMAD N, SIDDIQUEE, ROHANI S. 2011 Lipid extraction and biodiesel production from municipal sewage sludges: a review. *Renewable Sustainable Energy Reviews* 15, 1067–1072.
5. SILVA, Alessandra Valadares Álvares Da; VON SPERLING, Marcos; OLIVEIRA FILHO, José Maria De. **Avaliação das unidades de tratamento do lodo em uma ETE de lodos ativados convencional submetida a distintas estratégias operacionais**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 12, n. 2, p.127-133, abr/jun2007.
6. SILVA, M. O. S. A. **Análises físico-químicas para controle das estações de tratamento de esgotos**. São Paulo: CETESB, 1977. 225 p.