

### **III-153 - CARACTERIZAÇÃO DO LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO DE SERGIPE**

**Erasmão Gomes Santos Júnior<sup>(1)</sup>**

MBA em Gestão Empresarial com foco em Saneamento- UFS -Graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFAL - Engenheiro da Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO

**Carina Siqueira de Souza<sup>(2)</sup>**

Doutoranda em Saúde e Ambiente- UNIT, Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA/UFS, Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFS e Direito - UNIT, professora do curso de Saneamento do Instituto Federal de Sergipe – IFS

**Florilda Vieira da Silva<sup>(3)</sup>**

Mestra em Recursos Hídricos e Saneamento- UFAL, Graduada em Química Industrial - UFS e Licenciada em Química - UNITINS, professora da pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental - CESMAC, Servidora do curso de Saneamento do Instituto Federal de Sergipe – IFS

**Felipe Matheus Silva Meneses<sup>(4)</sup>**

Graduando do Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental no Instituto Federal de Sergipe – IFS.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Campo do Brito 331 - Bairro -Treze de Julho - Cidade - Aracaju - SE - CEP: 49020-380 - Brasil - 55 (79) 3226-1000 - e-mail:erasmo@deso-se.com.br

#### **RESUMO**

A geração de resíduos sólidos nos últimos anos com destinação aos aterros sanitários tem aumentado cada vez mais, aumentando também a produção de lixiviado, que é o líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos, com elevada carga poluidora, na qual se faz necessário conhecer as características desse lixiviado para o seu tratamento. Diante desta problemática, este estudo teve como objetivo a caracterização do lixiviado (chorume) de aterro sanitário localizado em Sergipe, onde foi realizado quatro (04) coletas durante os meses de abril, maio e junho de 2018, utilizando-se a sonda multiparâmetros de marca Horiba U52-G, que verificava *in loco*, temperatura da amostra, turbidez, pH, condutividade, salinidade e sólidos totais dissolvidos (STD). Os demais parâmetros ( Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), Fósforo, Cloretos, Cor e Série de Sólidos) foram analisados no Laboratório de Saneamento Ambiental (LABSAN), do Instituto Federal de Sergipe (IFS/campus Aracaju). Os resultados das análises físico-químicas do aterro de Sergipe foram comparados com os aterros, Norte-Americanos e Brasileiros, onde foi observada elevada concentração de N-NH<sub>3</sub> (6972,41mg/L) e condutividade 21665,4 µS/cm, baixa concentração de DBO<sub>5</sub> (1376,25 mg/L) e DQO (4344,95mg/L), já o pH de 7,7 é maior que os aterros norte-americanos. Também constatamos que através da comparação da idade do aterro, o de Sergipe, na relação DBO<sub>5</sub>/DQO (0,32 mg/L) é de um aterro jovem, enquanto o parâmetro DQO (4344,95 mg/L) seria de um aterro médio. Já as demais variáveis (pH e N- NH<sub>3</sub>) é de um aterro velho. Portanto, diante dos valores apresentados, concluímos que o conhecimento do chorume é fundamental na escolha de determinadas operações unitárias para o tratamento de lixiviado de aterro sanitário, para que possa ser alcançado os resultados exigidos pelo CONAMA 430/11 no padrão de lançamento nos corpos receptores

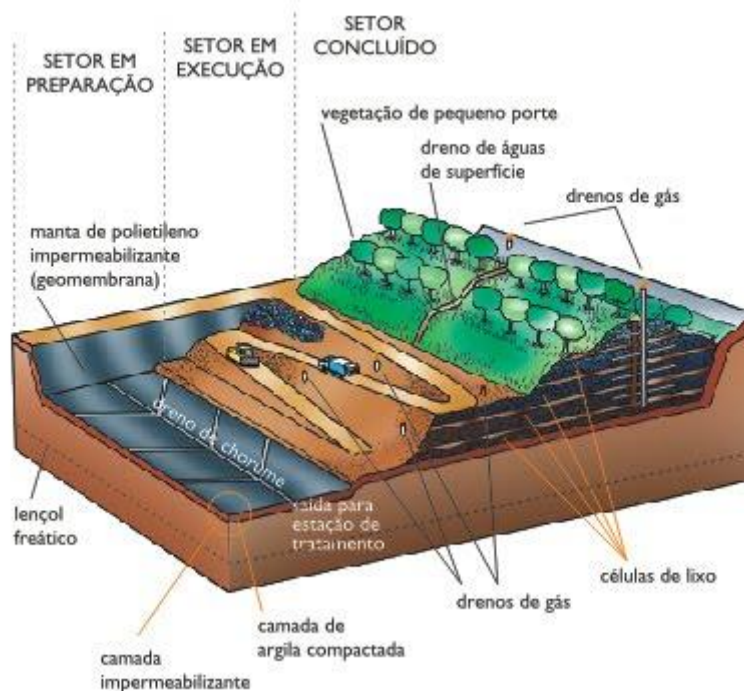
**PALAVRAS-CHAVE:** Lixiviado, Aterro Sanitário, Saneamento, Resíduos Sólidos.

#### **INTRODUÇÃO**

Na atualidade um dos principais problemas é o descarte dos resíduos sólidos, pois com o aumento da população, a produção de resíduos tem aumentado consideravelmente . Com isso uma das formas práticas para destinação final desses resíduos é o Aterro Sanitário.

A norma brasileira ABNT NBR 8419/1992 define Aterro Sanitário como: Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário. Os resíduos sólidos presentes nos aterros através do processo de decomposição são transformados em gases (metano, dióxido de carbono, nitrogênio amoniacal

(amônia, amônia livre, amônia gasosa e amônio), líquidos (lixiviado), e matéria sólida (sob a forma de substâncias húmicas e fúlvicas, refratárias ao processo de digestão anaeróbia. A Figura 1, demonstra o funcionamento de um aterro Sanitário.



**Figura1: Funcionamento de um aterro sanitário**

Fonte: <http://graltec.com/como-funciona-um-aterro-sanitario-e-a-que-tipo-de-residuos-se-direciona>

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na NBR 8849/1985, define o lixiviado de aterro sanitário, utilizando a palavra chorume, como o líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos, de cor escura, mau cheiro e elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Já o termo lixiviação a mesma norma considera o deslocamento ou arraste, por meio líquido, de certas substâncias contidas nos resíduos sólidos urbanos, enquanto percolado é definido como o líquido que passou através de um meio poroso.

De acordo com Kjeldsen et al. (2002), o chorume pode ser caracterizado como uma solução aquosa com quatro grupos de poluentes: material orgânico dissolvido (ácidos graxos voláteis e compostos orgânicos mais refratários como ácidos húmicos e fúlvicos); macro componentes inorgânicos tais como :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{NH}_4^{+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{HCO}_3^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , metais pesados:  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  e compostos orgânicos xenobióticos originários de resíduos domésticos e químicos presentes em baixas concentrações (hidrocarbonetos aromáticos, fenóis, pesticidas, entre outros).

As características físicas, químicas e biológicas do lixiviado de aterro sanitário, dependem do tipo de resíduo aterrado, do grau de decomposição, do clima, da estação do ano, da idade do aterro, da profundidade do resíduo aterrado, do tipo de operação do aterro, da influência do ciclo hidrológico e das características do solo, entre outros fatores (GOMES, 2009). Portanto é necessário caracterizar o chorume para conhecer as suas características para o tratamento adequado.

Atualmente existem tecnologias que reduzem os principais poluentes do chorume, vários trabalhos propõem a associação de processos interligados como alternativa eficiente na remoção dos principais parâmetros do chorume, no momento atual, os tratamentos terciários através de sistemas de membranas, incineração, osmose inversa, tratamento biológico avançado com MBR(membrana Bioreactor) e com carvão ativado vem sendo utilizados nos aterros brasileiros e tem atendido a resolução CONAMA 430/11 para o padrão de lançamento de efluentes.

Em Sergipe o aterro sanitário tem 6 anos de funcionamento, recebe resíduos de quatorze (14) municípios sergipanos, (Aracaju, Rosário, Nossa Senhora do Socorro, Barra dos Coqueiros, Carmópolis, São Cristóvão, Riachuelo, Laranjeiras, Siriri, Santo Amaro das Brotas, Maruim, Japaratuba, Divina Pastora e Pirambu) sendo

80% a 90% RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) cerca de 200 m<sup>3</sup> /dia de chorume, que é enviado para ser tratado no polo de Camaçari, no Estado da Bahia.

No referido aterro algumas pesquisas têm sido desenvolvidas, sendo a maior parte com enfoque relacionado a caracterização/geração do chorume e de gás ou compressibilidade dos resíduos. Porém, o aterro sanitário requer medidas de proteção, devido aos subprodutos prejudiciais ao meio ambiente, altas concentrações de poluentes orgânicos e inorgânico que requer a necessidade de tratamento adequado antes do lançamento desse resíduo no corpo receptor, o que torna indispensável o estudo de técnicas que visem o tratamento de acordo com a legislação vigente, visto que, a adequação do chorume tratado a legislação brasileira é bastante oneroso pois de 10% a 20% do preço do resíduo em aterro sanitário é para o tratamento do chorume .

## OBJETIVO

Caracterizar o lixiviado de aterro sanitário de Sergipe.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a caracterização do lixiviado do aterro sanitário, utilizou-se variáveis físico-químicos convencionais (pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), Fósforo, Cloretos, Turbidez, Cor e Série de Sólidos) e parâmetros coletivos específicos (Salinidade, Condutividade e Temperatura).

Na Tabela 1, estão descritos os parâmetros analisados e as técnicas analíticas de ensaios utilizados pelo Laboratório de Saneamento - LABSAN do Instituto Federal de Sergipe - IFS, *campus* Aracaju, para a caracterização do chorume.

**Tabela 1: Parâmetros e Técnicas Analíticas Utilizadas**

PARÂMETROS	TÉCNICAS ANALÍTICAS	UNIDADES
Temperatura	Leitura direta - Sonda Multiparâmetros Horiba modelo - U-52G	°C
pH	Leitura direta - Sonda Multiparâmetros Horiba modelo - U-52G	--
Turbidez	Leitura direta - Sonda Multiparâmetros Horiba modelo - U-52G	NTU
Condutividade	Leitura direta - Sonda Multiparâmetros Horiba modelo - U-52G	µS/cm
Sólidos Totais Dissolvidos - STD	Leitura direta - Sonda Multiparâmetros Horiba modelo - U-52G	mg/L
Salinidade	Leitura direta - Sonda Multiparâmetros Horiba modelo - U-52G	%
Cor	SMEWW*, 2012 , 2120E	uC
Cloretos	Método de Mohr	mg/L
Demanda Química de Oxigênio -DQO	SMEWW*, 2012 , 5220 D - Refluxo Fechado, Método Colorimétrico	mg/L
Fósforo	SMEWW*, 2012, 4500P E - Método do Ácido Ascórbico	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	SMEWW*, 2012 ,4500 NH <sub>3</sub> . B - Destilação Preliminar e 4500 NH <sub>3</sub> . C - Método Titulométrico	mg/L
Sólidos sedimentáveis	ABNT NBR – 10561/1998 -Método do cone de Imhoff	mg/L
Sólidos Totais -ST	SMEWW*, 2012 ,2540 B - Sólidos Totais Secos a 103–105 ° C	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	Método Manométrico BOD OxiDirect	mg/L

\*SMEWW: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, APHA, 22ª. ed., Washington, 2012

Durante os meses de abril, maio e junho de 2018, foi realizado a caracterização do lixiviado. Este trabalho consistiu na coleta de quatro amostras para análise físico-química, realizada nos dias 17 de abril, 09 e 16 de maio e 12 de junho. No dia que antecede a coleta das amostras, os materiais eram devidamente separados, dentre eles: recipiente de polietileno de 1,5L, balde, funil, caixa térmica, gelo, luvas, máscaras e álcool, bem como o equipamento utilizado para medição *in situ*, a sonda multiparâmetros da marca Horiba e modelo U-52G, devidamente calibrada em solução padrão pH 4,0, conforme procedimento descrito pelo fabricante no manual de instruções para a série U-50.

No aterro, com o lixiviado no balde, foram realizadas de cinco a seis leituras, com a sonda (Figura 2), que verifica a temperatura, o pH, a turbidez, a condutividade, a salinidade e os sólidos totais dissolvidos *in loco*.



**Figura 2: Coleta do chorume**

## RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

A Tabela 2 demonstra os resultados da média de 4 coletas realizadas neste estudo.

**Tabela 2: Valores médios das quatro amostras analisadas**

PARÂMETROS	VALORES	PARÂMETROS	VALORES
DBO (mg/L)	1.376,25	Condutividade (µS/cm)	21.665,4
DQO (mg/L)	4.344,95	Salinidade (%)	1,30
N- NH <sub>3</sub> (mg/L)	6.972,41	Temperatura da amostra (°C)	34,3
P- Total (mg/L)	1,18	T ambiente (°C)	30,0
Cloreto (mg/L)	4.564,04	Cor (u.C)	3.658
SDT (mg/L)	13.418,3	Turbidez (NTU)	650,20
pH	7,7		

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na Tabela 3, foi realizada uma análise estatística descritiva dos parâmetros analisados no lixiviado de aterro sanitário, utilizando a sonda multiparâmetros, para este estudo, perfazendo 23 leituras.

**Tabela 3 – Análise estatística dos parâmetros analisadas no lixiviado de aterro sanitário**

Variáveis	N*	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão
T da amostra (°C)	23	33,4	34,3	35,7	0,8428
pH	23	7,6	7,7	7,9	0,1029
Turbidez (NTU)	23	447	650,2	739	91,513
Cond. (µs/cm)	23	15600	21665,4	24600	3708,622
STD (mg/L)	23	9670	13418,3	15200	2292,574
Salinidade (%)	23	0,90	1,30	1,49	0,2428

\*N= Quantidade de Leituras

A temperatura do lixiviado é influenciada pelas condições ambientais e a cobertura do local de armazenamento. A temperatura oscilou entre 33,4° e 35,7°C, com média de 34,3°, já a temperatura ambiente teve mínima de 29,4°C na quarta coleta e máxima de 30,6°C, e média de 30°C. A temperatura é um fator abiótico importante, pois influencia na atividade microbiana e solubilidade dos gases, principalmente do oxigênio dissolvido. A geração do calor pelo processo de decomposição pode causar um aumento da temperatura do aterro, que afeta o crescimento bacteriano e as reações químicas. Cada microorganismo possui uma temperatura de crescimento ótimo e qualquer divergência da temperatura diminuirá esse crescimento devido à desativação da enzima e ruptura da parede da célula (BORGES, 2006).

O lixiviado investigado apresenta condutividade e turbidez elevadas com valores médios de 21.665,4 µs/cm e 650,2 NTU, respectivamente, com salinidade média de 1,3% e pH alcalino na faixa de 7,6 a 7,9.

A Tabela 4 mostra uma comparação com intervalos de variação da composição do lixiviado com a idade do aterro (Brasileiro e Americano) e faixa máxima e mais provável dos aterros brasileiros.

Observa-se que o aterro de Sergipe apresenta elevada concentração de N-NH<sub>3</sub> 6.972,41 mg/L, Turbidez 650,2 NTU e Condutividade 21.665,4 µS/cm, e baixa concentração de DBO<sub>5</sub> 1.376,25 mg/L, e DQO com média de 4.344,95 mg/L quando comparamos com outros aterros. Vários estudos têm mostrado através de alguns autores: BORGES, 2006; GOMES, 2009 e BIDONE, 2017, que a composição do lixiviado dos aterros brasileiros que recebem resíduos de origem doméstica operando com menos de cinco anos, a concentração de matéria orgânica em termos de DQO, a média, fica na faixa entre 800 mg/L e 10.000 mg/L, as concentrações de N-amoniacoal, por sua vez, frequentemente variam entre 1.500 mg/L e 3.000 mg/L.

**Tabela 4 - Comparação com intervalos de variação da composição do lixiviado com a idade do aterro e a composição dos aterros brasileiros**

Parâmetros	Aterro Sergipe 0- 6 Anos	Aterros Norte Americanos 0- 5 Anos	Aterros Brasileiros Faixa máxima	Aterros Brasileiros Faixa mais provável
DBO (mg/L)	1.376,25	10.000 – 25.000	< 20 – 30.000	< 20 – 8.600
DQO (mg/L)	4.344,95	15.000 – 40.000	190 – 80.000	190 – 22.300
N- NH <sub>3</sub> (mg/L)	6.972,41	500 – 1500	0,4 – 3.000	0,4 – 1.800
P- Total (mg/L)	1,18	100 – 300	0,1 – 40	0,1 -15
Cloreto (mg/L)	4.564,04	1.000 – 3.000	500 – 5.200	500 – 3.000
Sólidos Totais (mg/L)	11.987,5	-	3 200 – 21.900	3 200 – 14.400
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	9.512,5	-	630 – 20.000	630 – 5.000
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	2.475	-	2 100 – 14 500	2 100 – 8.300
SDT (mg/L)	13.418,3	10.000 – 25.000	-	
pH	7,7	3 – 6	5,7 – 8,6	7,2 – 8,6
Condutividade (µS/cm)	21.665,4	-	2950 – 2.500	2950 – 17 660

Fonte: Gomes (2009), adaptado

Com o envelhecimento do aterro ocorre um aumento natural da recalcitrância do chorume, ou seja, este se torna cada vez mais difícil de ser tratado por processos biológicos convencionais, em virtude da predominância de compostos menos susceptíveis, que pode ser observado através da relação DBO<sub>5</sub>/DQO, pois quando essa relação  $\leq 0,3$ , segundo Metcalf e Eddy 2016, pode ser necessário utilizar micro-organismos aclimatados para sua estabilização.

A idade do aterro, interfere consideravelmente na qualidade do chorume, podendo se definir três tipos de chorume, de acordo com a Tabela 5.

**Tabela 5: Idade do Aterro**

Parâmetros	Jovem	Médio	Velho	Sergipe
Idade (anos)	<1	1-5	>5	$\geq 5$
pH	< 6,5	6,5-7,5	>7,5	7,7
DQO (mg/L)	15000	3000-15000	<3000	4344,95
DBO <sub>5</sub> /DQO	1-2	2-10	>2	0,32
N- NH <sub>3</sub> (mg/L)	<400	400	>400	6972,41

Fonte: adaptado de Santos (2009)

Podemos constatar através dos valores apresentados na Tabela 5 para o aterro de Sergipe, que a idade do aterro através da relação DBO<sub>5</sub>/DQO (0,32 mg/L) é para um aterro jovem, enquanto o parâmetro DQO (4344,95 mg/L) na comparação da idade do aterro seria de um aterro médio. Já as demais variáveis é de um aterro velho.

Nota-se, que a dificuldade para o tratamento de chorume não é apenas para lixiviados mais antigos. Mesmo o chorume mais jovem podem apresentar problemas operacionais para sistemas biológicos de tratamento, em função da variabilidade de suas características físico-químicas, das altas cargas biológicas, das altas concentrações de metais alcalinos e pesados, compostos halogenados, nitrogenados e deficiências nutricionais (SANTOS,2009).



Há uma tendência analisada na literatura, com relação ao tratamento de lixiviados de aterros com altas concentrações de material orgânico recalcitrante, de se utilizar processos mistos, em detrimento do uso de apenas processos biológicos convencionais. No momento atual os sistemas de membrana e a osmose inversa, tem sido eficiente na eliminação dos poluentes e atendido a legislação brasileira (CONAMA 430/11), para o padrão de lançamento em meio hídrico.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O aterro de Sergipe quando comparado com os valores dos aterros, Norte-Americanos e Brasileiros, apresenta elevada concentração de N-NH<sub>3</sub> (6972,41mg/L) e condutividade (21665,4 µS/cm), baixa concentração de DBO<sub>5</sub> (1376,25 mg/L) e DQO 4344,95mg/L , já o pH possui valor alcalino com média de 7,7 sendo maior que os aterros norte-americanos;

A temperatura do lixiviado do aterro mostra-se acima da temperatura ambiente, em que possivelmente caracteriza a intensificação de microrganismos na degradação dos resíduos do lixiviado do aterro, assim como a ativação das reações químicas, além da influência da cobertura do local de armazenamento;

Através da relação DBO<sub>5</sub>/DQO (0,32 mg/L), inferimos que este chorume se torna cada vez mais difícil de ser tratado por processos biológicos convencionais, em virtude da predominância de compostos menos susceptíveis, pois quando essa relação  $\leq 0,3$  pode ser necessário utilizar micro- organismos aclimatados para sua estabilização.

Podemos também constatar através da comparação da idade do aterro, que o de Sergipe, na relação DBO<sub>5</sub>/DQO (0,32 mg/L) é de um aterro jovem, enquanto o parâmetro DQO (4344,95 mg/L) seria de um aterro médio. Já as demais variáveis (pH e N- NH<sub>3</sub>) é de um aterro velho.

Com isso, conclui-se que o conhecimento do chorume é fundamental na escolha de determinadas operações unitárias para o tratamento de lixiviado de aterro sanitário, para que possa ser alcançado os resultados exigidos pelo CONAMA 430/11 no padrão de lançamento nos corpos receptores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - NBR 8849/1985, apresentação projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT – NBR 8419/1992, Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.
3. BORGES, M. E. E. Variação Temporal do Chorume e da Água do Ribeirão Borba Gato na Área de Influência do Aterro de Resíduos Urbanos de Maringá/Paraná, 2006.Dissertação (Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá 152 p.
4. BIDONE, R.F. **Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por um sistema composto por filtros anaeróbios seguidos de banhados construídos**: estudo de caso, central de resíduos do Recreio, em Minas do Leão (RS). 2. ed. São Paulo: Blucher, 2017.
5. GOMES, L. P. **Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 360p.
6. KJELDSEN, P. I.; BARLAZ, M. A.; ROOKER, A. P.; BAUN, A; LEDIN, A; CHRISTENSEN, T.H.Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, 2002, v. 32, n. 4, p 297-336.
7. METCALF. L.; EDDY, H. P: **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**; tradução HESPANHOL. I.; MIERZWA, J. C. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH,2016.1980 p.
8. SANTOS, A. F.M.S. Tratamento anaeróbio de chorume em conjunto com esgoto sanitário,2009. 166 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2009.