



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E
BIOPROCESSOS
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E BIOPROCESSOS

JÉSSYCA DAYSE DE MEDEIROS ARAÚJO

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO UASB NO TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO MAIS LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

SUMÉ-PB

2018

JÉSSYCA DAYSE DE MEDEIROS ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO REATOR UASB NO TRATAMENTO DE
ESGOTO DOMÉSTICO MAIS LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) como exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Orientador: Professor Dr. Aldre Jorge Morais Barros

SUMÉ-PB

2018

A659a Araújo, Jéssyca Dayse de Medeiros.

Avaliação do desempenho do reator UASB no tratamento de esgoto doméstico mais lixiviado de aterro sanitário. / Jéssyca Dayse de Medeiros Araújo. - Sumé - PB: [s.n], 2018.

31 f.

Orientador: Professora Dr. Aldre Jorge Morais Barros.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

1. Esgotos domésticos - tratamento. 2. Tratamento de efluentes. 3. Reator UASB. I. Título.

CDU: 628.32(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO UASB NO TRATAMENTO
DE ESGOTO DOMÉSTICO MAIS LIXIVIADO DE ATERRO
SANITÁRIO**

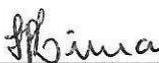
FOLHA DE ASSINATURAS

APROVADA EM: 20/12/2018

NOTA: 9,7 (Nove e sete)



Prof. D.Sc. Albre Jorge Morais de Barros
UAEB/CDSA/UFCG
Orientador



Prof.^a D.Sc. Lenilde Mérgia Ribeiro Lima
UAEB/CDSA/UFCG
Examinadora Interna



Prof.^o Dr. Valder Duarte Leite
DESA/CCT/UEPB

DEDICATÓRIA

Dedico à minha bisavó, “Vovó Maria” (in memoriam), por acreditar em mim, por me dar forças para continuar a ir atrás dos meus objetivos e por várias vezes ter sido minha companheira de estudos. Saudades eternas!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades. Toda conquista alcançada em minha vida é devido a Ti, Senhor.

Aos meus pais, Célio Martins de Araújo e Cledina Cristine de Medeiros Araújo, que sempre estiveram ao meu lado e foram meus maiores incentivadores. Batalharam muito para poder me proporcionar tudo isso. A vocês eu devo a minha vida e tudo que sou, todo meu amor, carinho, respeito, consideração e gratidão.

Aos meus irmãos, Jefferson, Jemesson, Jenson e Jennifer, que acreditaram no meu sonho e torceram por mim.

À minha avó, Maria de Fátima e ao meu tio, Cláudio Roberto, Vocês foram meu alicerce, sou honrada em ter vocês como segunda mãe e segundo pai. Quando eu não tinha mais nenhuma esperança vocês me davam forças e apoio para eu continuar, nunca mediram esforços para me ajudar. A vocês, o meu amor incondicional.

Ao meu namorado, Alysson Hyago, com amor, o qual teve muita atenção e paciência, me aguentou nas horas mais difíceis. Agradeço ainda o amor demonstrado nos meus momentos menos bons, o meu eterno obrigado.

À minha tia Cisleide e ao meu tio José Anibal *in memoriam*, agradeço por toda a ajuda prestada e por todo incentivo.

Ao Prof. Dr. Hugo Morais de Alcântara, que me estendeu a mão no início do meu curso, mesmo não me conhecendo. Ao senhor, minha profunda gratidão.

Ao meu tio Barros *in memoriam*, agradeço por todo cuidado e preocupação que teve por mim.

Aos meus colegas da residência universitária, por todos os momentos vividos, principalmente pelos perrengues que passamos juntos. Sentirei saudades.

Aos meus colegas de turma, os quais foram essenciais nessa jornada, muito obrigada!

A todo o pessoal do laboratório da EXTRABES, em especial, à mestranda Carla, por quem eu criei um carinho e uma admiração enorme, obrigada pelo ensino e apoio prestado durante o estágio, aprendi muito com você.

Ao meu orientador Prof. Dr. Aldre Jorge Morais Barros por toda a paciência, atenção, orientação e auxílios nas correções desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Valderi Duarte Leite, pela oportunidade concedida a mim para a realização dessa etapa importante na minha vida, e pelos ensinamentos.

À Profa. Dra. Lenilde Mérgia Ribeiro Lima, pelas contribuições para a melhoria desse trabalho.

À EXTRABES, meu agradecimento ao espaço cedido à realização do meu trabalho de conclusão de curso.

Aos professores do Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos, e aos demais do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, que contribuíram para a minha formação.

Enfim, a todos que de alguma forma colaboraram para que este trabalho se realizasse da melhor maneira possível. A minha gratidão e carinho a todos!

A todos vocês, meu muito obrigada!

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos”.

Provérbios 16:3

RESUMO

Com o crescimento industrial e a urbanização, aumentaram de forma significativa os resíduos sólidos gerados pelas atividades humanas, além de esgotos industriais e domésticos, que causam a poluição do meio ambiente e põem em risco a saúde da população. Um líquido produzido pela massa orgânica dos resíduos sólidos durante o processo de degradação biológica é o lixiviado, potencialmente perigoso diante da sua elevada carga orgânica e tóxica, necessitando de tratamento antes do seu lançamento em corpo receptor. Sendo assim, houve a necessidade de tratar o esgoto doméstico e o lixiviado em conjunto. O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a eficiência do reator UASB no tratamento conjugado de esgoto doméstico e lixiviado. O trabalho foi realizado na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários – EXTRABES, localizado no Bairro do Tambor na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba. O sistema experimental foi construído com um reservatório de polietileno, do reator UASB de 42 L e de um reservatório onde ficava o efluente do UASB. Os parâmetros analíticos monitorados foram: pH, alcalinidade total, ácidos graxos voláteis, DQO total e DQO solúvel, nitrogênio amoniacal e sólidos suspensos totais. Analisando os dados deste trabalho, pode-se constatar que os valores de pH no material afluente e efluente do reator se mantiveram na faixa de 7,72 e 7,62, mantendo o reator em condições estáveis. A concentração de nitrogênio amoniacal foi de 156 mgN-NH₄⁺/L e de 165 mgN-NH₄⁺/L. A eficiência de remoção de DQO total e filtrada foram de 55% e 31,5%, respectivamente, sendo inferiores aos valores encontrados na literatura, que seria de até 70%. A eficiência na remoção dos sólidos suspensos totais foi de 93,4%, mas não foi suficiente para manter dentro dos valores permitidos pela maioria das legislações estaduais. Dessa forma, há a necessidade de um pós-tratamento.

Palavras-chave: Reator Biológico Anaeróbio, Chorume, Águas Residuárias.

ABSTRACT

With industrial growth and urbanization, solid waste generated by human activities has grown significantly, as well as domestic and industrial sewage, which cause pollution of the environment and endanger the health of the population. A liquid produced by the organic mass of the solid waste during the biological degradation process is the leachate, potentially dangerous due to its high organic and toxic load, requiring treatment prior to its launching in the receiving body. Therefore, it was necessary to treat domestic sewage and leachate together. The present work has the objective of evaluating the efficiency of the UASB reactor in the conjugated treatment of domestic sewage and leachate. The work was carried out in the Experimental Laboratory of Biological Treatment of Sanitary Sewers - EXTRABES, located in the District of Tambor in the city of Campina Grande, state of Paraíba. The experimental system was constructed with a polyethylene reservoir, 42 L UASB reactor and a reservoir where the UASB effluent was located. The analytical parameters monitored were pH, total alkalinity, volatile fatty acids, total COD and soluble COD, ammoniacal nitrogen and total suspended solids. Analyzing the data of this work, it can be verified that the pH values in the influent material and effluent of the reactor remained in the range of 7.72 and 7.62, maintaining reactor in stable conditions. The concentration of ammoniacal nitrogen was 156 mgN-NH₄⁺/L and 165 mgN-NH₄⁺/L. The efficiency of removal of total and filtered COD was 55% and 31.5%, being lower than the values found in the literature, which would be up to 70%. The removal efficiency of total suspended solids was 93.4%, but was not sufficient to maintain within the limits allowed by most state legislations. Thus, there is a need for post-treatment.

Keywords: Anaerobic Biological Reactor, Slurry, Wastewater.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rotas metabólicas e grupos de microrganismos envolvidos na digestão anaeróbia.....	11
Figura 2 - Esquema representativo do sistema experimental.....	14

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comportamento dos valores de pH do substrato e do efluente do reator.....	17
Gráfico 2 - Perfil da concentração de alcalinidade total no sistema de tratamento.....	18
Gráfico 3 - Perfil da concentração de ácidos graxos voláteis no sistema de tratamento.....	19
Gráfico 4 - Comportamento da concentração de DQO Total no sistema de tratamento.....	20
Gráfico 5 - Comportamento da concentração de DQO Filtrada no sistema de tratamento.....	20
Gráfico 6 - Comportamento da concentração de nitrogênio amoniacal no sistema de tratamento.....	21
Gráfico 7 - Comportamento da concentração de sólidos suspensos totais no sistema de tratamento.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do Esgoto Doméstico em Termos de DBO e DQO.....	4
Tabela 2 - Características de Lixiviados de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos.....	9
Tabela 3 - Caracterização do Lixiviado.....	15
Tabela 4 - Parâmetros Operacionais do Reator UASB.....	16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza e Resíduos Sólidos
AGV	Ácidos Graxos Voláteis
CaCO ₃	Carbonato de cálcio
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
d	Dias
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETEs	Estações de Tratamento de Esgotos
EXTRABES	Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
h	Horas
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
mg/L	Miligrama por Litro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
N-NH ₄ ⁺	Nitrogênio Amoniacal
pH	Potencial Hidrogeniônico
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SSF	Sólidos Suspensos Fixos
SST	Sólidos Suspensos Totais
SSV	Sólidos Suspenso Voláteis
UASB	Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1 ESGOTO DOMÉSTICO	4
3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	5
3.3 ATERRO SANITÁRIO.....	7
3.4 LIXIVIADO	8
3.5 TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS	10
3.5.1 TRATAMENTO COMBINADO DE ESGOTO DOMÉSTICO E LIXIVIADO	12
3.6 REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E MANTA DE LODO (UASB)	13
4 METODOLOGIA.....	14
4.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXPERIMENTAL E DA COLETA DO MATERIAL	14
4.2 DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO.....	15
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5.1 PH, ALCALINIDADE E ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS.....	17
5.2 DQO	19
5.3 NITROGÊNIO AMONÍACAL	21
5.4 SÓLIDOS SUSPENSOS	22
6 CONCLUSÕES.....	23
7 REFERÊNCIAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

Durante a revolução industrial, a urbanização e a industrialização aumentaram de forma significativa. Com isso, houve um grande aumento na poluição do meio ambiente. Diante do grande crescimento das áreas urbanas, começaram a utilizar leitos de águas mais próximos como depósitos de resíduos sólidos (SAWYER; MCCARTY; PARKIN, 2003), causando assim a poluição das águas.

A água é um dos fatores essenciais que contribui para o desenvolvimento humano, sendo o constituinte inorgânico mais utilizado pelos organismos vivos; dessa forma, se torna de grande importância para a manutenção da vida. Devido às suas características como solvente e capacidade de transporte, ela incorpora diversas impurezas, definindo assim sua qualidade, que pode ser causada por fenômenos naturais ou pela interferência dos seres humanos (VON SPERLING, 2005).

Segundo Corcoran *et al.* (2010), águas residuárias são constituídas por uma junção de efluentes domésticos, despejos industriais, efluentes de estabelecimentos comerciais e institucionais, águas pluviais e de drenagem urbana, além de efluentes agropecuários, ou seja, águas residuárias é toda água descartada pelas atividades humanas. A decomposição da matéria orgânica presente nas águas residuárias paradas, pode gerar gases com odores fétidos e levar à redução no conteúdo do oxigênio dissolvido que afetará a biota aquática; complementarmente, as águas residuárias podem causar risco à saúde humana, por conter microrganismo patogênicos (SNAPE *et al.*, 1995).

Atualmente existem várias técnicas utilizadas para o tratamento de águas residuárias. Para escolher a melhor deve-se levar em conta: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, requisitos de área, impactos ambientais, custos de operação, custos de implantação, sustentabilidade e simplicidade, levando em consideração a melhor alternativa técnica e econômica para a escolha do sistema (VON SPERLING, 1996). O tratamento adequado das águas residuárias tem a obrigação de solucionar em grande parte, os problemas de poluição da água e da escassez de recursos hídricos (MOTA; VON SPERLING, 2009).

Os aterros sanitários foram construídos para receber os resíduos sólidos e amenizar a poluição urbana, com o intuito de reduzir o perigo para a saúde pública e segurança (ABNT, 1992). Além de receberem os resíduos sólidos, os aterros sanitários geram efluentes e emissões que são prejudiciais ao meio ambiente. Um dos compostos produzidos no aterro sanitário é o lixiviado.

O lixiviado de aterro sanitário possui coloração escura e turva, mau odor e devido ao processo de decomposição dos resíduos sólidos, possuem altos teores de compostos orgânicos e inorgânicos (SILVA, 2002). Segundo Mannarino *et al.* (2011), as altas concentrações de matéria orgânica e amônia fazem do lixiviado um grande problema ambiental, com alto grau de poluição. O seu despejo no estado natural pode provocar sérios problemas ambientais no corpo hídrico, o que está recebendo, além da infiltração no solo que pode contaminar os aquíferos.

Há um obstáculo enorme em adquirir resultados satisfatórios em sistemas de tratamento de lixiviados, sendo eles físico-químicos ou biológicos. O tratamento biológico é pouco eficiente no que diz respeito a remoção de nitrogênio amoniacal, metais pesados e possui algumas dificuldades operacionais. Os tratamentos físico-químicos são utilizados antes do tratamento biológico e reduzem parte do nitrogênio amoniacal, mas há poucos trabalhos referentes a remoção de toxicidade do efluente final. Sendo assim, as melhores eficiências têm sido alcançadas com a combinação dos processos físico-químicos e biológicos (QUEIROZ *et al.*, 2011).

Lagoas facultativas, lagoas anaeróbias, lagoas aeradas facultativas, lagoas aeradas de mistura completa, reatores UASB e lodos ativados, são os processos mais utilizados no tratamento do lixiviado. Nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), os Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (Reator UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors) são os mais utilizados no tratamento de esgotos (FERREIRA *et al.*, 2001; VON SPERLING, 2005). Devido aos baixos custos operacionais, o tratamento de lixiviado combinado com esgoto doméstico é frequentemente o mais utilizado (RENOU *et al.*, 2008).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência do reator UASB no tratamento combinado de esgoto doméstico mais lixiviado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o desempenho do reator UASB na remoção de matéria orgânica utilizando os parâmetros de demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos suspensos totais.
- Avaliar a estabilidade do reator utilizando os parâmetros de pH, alcalinidade e ácidos graxos voláteis (AGV).
- Avaliar os resultados obtidos com a realização da análise de nitrogênio amoniacal.
- Avaliar se há a necessidade de um pós-tratamento.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ESGOTO DOMÉSTICO

As águas residuárias são classificadas em industriais e domésticas. Os esgotos industriais são provenientes do despejo líquido da água utilizada nas indústrias, suas características dependem dos processos industriais que foram empregados (FUNASA, 2006).

De acordo com a NBR 9648 (ABNT, 1986), esgotos domésticos são provenientes do despejo líquido da água utilizada para higiene e necessidades fisiológicas humanas. Possui em média 99% da sua composição de água, contém ainda, material orgânico e inorgânico, sólidos suspensos e dissolvidos e organismos patogênicos (VON SPERLING, 2005). Segundo Augusto et al. (2003), 0,01% dos esgotos domésticos correspondem a partes sólidas, e essa pequena parte seria o principal motivo para haver tratamento.

CETESB (1986), afirma que a parte sólida contida nos esgotos causam a deterioração da qualidade do corpo d'água receptor.

Os esgotos podem ser classificados tendo como base, as concentrações da matéria orgânica em forma de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) (Tabela1) (MARA, 2004).

Tabela 1- Classificação do Esgoto Doméstico em Termos de DBO e DQO.

Concentração	DBO (mg.L ⁻¹)	DQO (mg.L ⁻¹)
Baixa	<200	<400
Média	350	700
Alta	500	1000
Muito Alta	>750	>1500

Fonte: Adaptado de Mara, 2004.

Segundo Von Sperling (2005), elas apresentam concentrações em cerca de 300 mg.L⁻¹ de DBO, 600 mg.L⁻¹ para DQO, 45 mg.L⁻¹ de nitrogênio total, 7 mg.L⁻¹ de fósforo total e 1100 mg.L⁻¹ de sólidos totais.

Na visão da FUNASA (2006), as características dos esgotos podem ser divididas em físicas, químicas e biológicas. A temperatura, odor, cor, turbidez e variação da vazão, estão relacionadas as características físicas. A temperatura dos esgotos é um pouco maior do que as águas de abastecimento, quando o esgoto está no processo de decomposição pode ser avaliado

através da cor e turbidez, há também a formação de gases que provocam fortes odores. A vazão dos esgotos domésticos pode ser calculada levando em consideração o consumo diário de água de um indivíduo, assim, em cada 100 litros de água consumidos, 80% seriam lançados em forma de esgoto. As químicas, seriam cerca de 70% de matéria orgânica e 30% inorgânica. As biológicas envolvem os microrganismos como, bactérias e fungos, incluindo indicadores de poluição.

A saúde pública vem sendo ameaçada pela contaminação das águas de abastecimento, dos balneários e dos gêneros alimentícios, acarretando em várias doenças de veiculação hídrica, como à diarreia (CALAZANS, 2000). Cavalcanti (2013) afirma, que o abastecimento de água da população é posto em risco devido aos lançamentos de esgotos sem tratamento em corpos aquáticos, causando sérios problemas à qualidade de vida. Esses esgotos precisam ser tratados para minimizar os impactos de seus descartes à saúde ambiental.

A caracterização dos esgotos é de extrema importância, é um dos primeiros passos a serem utilizados em programas de gerenciamento com o intuito de diminuir a entrada de poluentes nas bacias hidrográficas, a partir dele pode-se identificar contaminantes existentes no meio (ORTIZ & PINHEIRO, 2016). Segundo Von Sperling (2007), estabelecer a destinação final do esgoto é também de grande importância, seja seu lançamento em um corpo d'água receptor, para reuso urbano ou irrigação. O lançamento de efluentes deve seguir a Resolução 430/2011 do CONAMA.

Existem muitos processos para o tratamento de águas residuárias, para escolher o melhor deve-se levar em conta a eficiência de cada processo unitário e de seu custo, além da disponibilidade de área (FUNASA, 2006).

3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS

Com o crescimento dos centros urbanos, a revolução industrial, a era das tecnologias, trouxeram consigo uma sociedade voltada totalmente para o consumismo, causando um dos grandes problemas enfrentados na atualidade, um aumento significativo na geração de milhares de toneladas de resíduos sólidos. Segundo Minghua et al. (2009), o fornecimento de resíduos sólidos em países em desenvolvimento acelerou consideravelmente, devido ao aumento dos níveis populacionais, expansão econômica, rápida urbanização e aumento dos bens de consumo. Na visão de Ferri et al. (2015), a infraestrutura dos serviços urbanos foi impactada devido ao crescimento das cidades brasileiras, pela qual não houve planejamento.

Segundo a NBR 10.004/2004, emanada da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p.1).

Restos de alimentos, plásticos, metais e vidros, compõem os resíduos sólidos urbanos (RSU) (CASTILHOS JUNIOR et al., 2003).

De acordo com os dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil divulgado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza e Resíduos Sólidos - ABRELPE (2017), em 2017 foram gerados cerca de 78,4 milhões t/ano de resíduos sólidos urbanos (RSU) e 91,2% foram coletados. Dos RSU coletados 59,1% foram levados para os aterros sanitários, o restante 40,9% foram despejados em locais inadequados como lixões e aterros controlados, por 3.352 municípios brasileiros, totalizando mais de 29 milhões de toneladas de resíduos.

Nos lixões os resíduos sólidos são depositados à céu aberto, possuindo riscos de incêndios, formação de vetores de doenças, poluição do solo, água, ar e possui grande números de catadores. Os aterros controlados colocam uma cobertura de solo por cima dos resíduos, com o intuito de diminuir a proliferação de doenças. Atualmente os aterros sanitários são considerados os mais adequados para receber e tratar os resíduos sólidos (BOCCHIGLIERI, 2010; VILHENA, 2018).

Segundo Vilhena (2018), os resíduos sólidos podem representar uma grande ameaça ao meio ambiente e à saúde pública, se não passarem por um tratamento adequado. Os tratamentos utilizados nos RSUs podem ser tratamentos físicos, químicos, biológicos e térmicos. Os processos físicos como, secagem, centrifugação, entre outros, diminuem o volume dos resíduos ou imobilizam um componente específico; os químicos, utilizam reações de neutralização, oxidação, redução e precipitação para eliminar componentes tóxicos, alterando assim, a composição do resíduo; os biológicos, utilizam microrganismos para acelerar a degradação natural dos resíduos que possuem alta carga orgânica, é mais utilizado na compostagem e em aterros sanitários ; e os processos térmicos, utilizam altas temperaturas para reduzir o volume dos resíduos, a incineração e a pirólise são as principais técnicas utilizadas nesse processo (CASTILHOS JUNIOR et al., (2003).

Em 2007 com o objetivo de minimizar a poluição gerada pelos RSU, o Ministério das Cidades em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) lançaram um projeto chamado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), com foco nos 200 municípios brasileiros mais populosos e que produzem cerca de 60% do total dos RSU gerados. Esse projeto tinha o intuito de reduzir as emissões de gases gerados nas áreas de disposição final dos resíduos sólidos, além de outros benefícios que visavam contribuir para o desenvolvimento sustentável nas áreas urbanas (ELK, 2007).

3.3 ATERRO SANITÁRIO

Os aterros sanitários, foram feitos especialmente para receberem resíduos sólidos e foram projetados para reduzir o perigo para a saúde pública e segurança (ABNT, 1992).

Na visão de Castilhos Junior et al. (2003), os aterros sanitários são biodigestores construídos através de normas de engenharia. É uma estrutura revestida, usada para diminuir as propriedades tóxicas dos resíduos sólidos, planejada para favorecer a biodegradação anaeróbia e estabilização dos resíduos, armazenados por camadas isolantes de material compacto, na maioria das vezes utilizando o solo.

Nesse sentido, segundo a NBR 8419/1992, emanada da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define os aterros sanitários:

Aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores se for necessário. (ABNT, 1992, p.1).

Para construir os aterros sanitários, deve-se levar em conta a topografia da área, o tipo do solo, e a profundidade do lençol freático. Os métodos possíveis são, os da trincheira, rampa e área. No método da trincheira, o terreno precisa ser plano ou pouco inclinado, e o lençol freático precisa estar em uma profundidade maior em relação a superfície. No método da rampa, a área que vai ser aterrada precisa ser plana e seca, e possuir um solo adequado para servir de cobertura. O método da área é adequado para zonas baixas, onde o solo local não será utilizado como cobertura, sendo assim, deve-se retirar o material de jazidas mais próximas (VILHENA, 2018).

Suas características construtivas permitem diminuir os efeitos da poluição proveniente dos resíduos sólidos, como o lixiviado, além de ser a forma de disposição mais viável do ponto de vista técnico e econômico (GOMES, 2009).

A bioconversão da matéria orgânica em formas solúveis e gasosas é o que causa a degradação dos resíduos, mas esse processo leva à geração de metabólitos gasosos e ao carreamento pela água de moléculas muito diversas, que originam vetores de poluição em aterros sanitários, como o biogás e o lixiviado (QUADROS, 2009).

Todo aterro sanitário precisa de um sistema de drenagem de gás metano, do gás carbônico, da água (vapor), lixiviado, entre outros, formados pela decomposição do lixo, garantindo assim a proteção do meio ambiente e da saúde da população (IBAM, 2001).

3.4 LIXIVIADO

Nos aterros sanitários, há a presença de líquidos provenientes da umidade natural, água presentes na matéria orgânica dos resíduos, águas de chuva, escoamento superficial, entre outros. Quando esses líquidos percolam através das camadas do aterro, ocorre o arraste de microrganismos e a solubilização de substâncias orgânicas e inorgânicas, esse processo dá origem ao lixiviado (MANNARINO *et al.*, 2011).

A formação do lixiviado se dá pelo processo de degradação, que Segundo Souto (2009) possui quatro fases diferentes:

- **Fase Aeróbia:** no início a concentração de oxigênio é elevada, dessa forma, a degradação ocorre de maneira aeróbia, sua duração depende da quantidade de oxigênio disponível.
- **Fase Anaeróbia Ácida:** nessa fase não há mais a presença de oxigênio, o processo ocorre de forma anaeróbia. Os microrganismos convertem os compostos originados pelas bactérias aeróbias em ácido acético, lático, fórmico, álcool, nitrogênio e enxofre. Há a formação de gás, e o pH se encontra em uma faixa ácida, ocorre também a hidrólise e a fermentação.
- **Fase Metanogênica Instável:** as bactérias consomem os ácidos produzidos anteriormente formando acetato, onde as bactérias metanogênicas começam a se estabelecer.
- **Fase Metanogênica Estável:** há uma elevação no pH da massa de resíduos, favorecendo as atividades metanogênicas. Os ácidos voláteis e outros compostos orgânicos facilmente biodegradáveis, agora são quase totalmente consumidos e convertidos em gases dentro do próprio aterro.

- **Fase de Maturação:** o lixiviado se encontra com um pH em torno de 7 com concentrações relativamente baixas de compostos orgânicos e inorgânicos, possui ácidos de difícil degradação.

O lixiviado possui coloração escura e turbida, e elevadas concentrações de compostos orgânicos e inorgânicos, que são liberadas no processo de decomposição dos resíduos (SILVA, 2002). Devido as suas características tóxicas, possui alto poder poluente, tendo valores de DBO, DQO, metais pesados dissolvidos e amônia elevados (LEITE *et al.*, 2015). Suas características químicas, físicas e biológicas, podem ser afetadas pelo tipo de resíduo presente no aterro, pelo grau de decomposição, pelo clima, pela idade, pela profundidade do aterro e pelo tipo de operação aplicado no aterro, sendo assim, sua composição pode variar ao longo do ano, e de local para outro (CAVALCANTI, 2013; TELLES, 2010).

Segundo Mannarino (2011), o lixiviado possui uma grande variabilidade em sua composição, influenciada pelas características, pela fase de decomposição predominante dos resíduos depositados e pela tecnologia utilizada na operação dos aterros (Tabela 2).

Tabela 2- Características de lixiviados de aterros de resíduos sólidos urbanos.

Parâmetro	Concentração (mg.L ⁻¹ , exceto pH)		
	Aterros Novos (menos de 2 anos)	Aterros Antigos	
	Faixa de Variação	Típico	(mais de 10 anos)
DQO	3.000 - 60.000	18.000	100 - 500
DBO	2.00 - 30.000	10.000	100 - 200
Sólidos Suspensos Totais	200 - 2.000	500	100 - 400
Nitrogênio Orgânico	10 - 800	200	80 - 120
Nitrogênio Amoniacal	10 - 800	200	20 - 40
Nitrato	5 - 40	25	5 - 10
Fósforo Total	4 - 100	30	5 - 10
pH	4,5 - 7,5	6,0	6,6 - 7,5

Fonte: Adaptado de Mannarino, 2011.

Segundo Cavalcanti (2013), o lixiviado geralmente é classificado em lixiviado novo ou lixiviado velho. Nesse mesmo sentido, Segundo Souto (2009), essa classificação está diretamente ligada às fases de degradação e não a idade do aterro. O lixiviado novo, possui compostos orgânicos biodegradáveis, concentração de nitrogênio amoniacal baixa e alta concentração de ácidos graxos voláteis. O lixiviado velho, possui uma concentração baixa de

material orgânico biodegradável, concentração de nitrogênio amoniacal alta e compostos orgânicos refratários (MORAVIA, 2007).

Devido as suas características, e para a proteção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, do ecossistema local, quanto para a saúde pública, se faz necessário o tratamento adequado dos efluentes provenientes de RSU antes de seu lançamento na natureza (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

3.5 TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

As estações de tratamento, possui um conjunto de unidades, órgãos auxiliares, acessórios, dispositivos e equipamentos, utiliza processos unitários que funcionam de forma organizada, com o intuito de eliminar ao máximo, os poluentes presentes nas águas residuárias. Deve ainda, atender aos padrões de lançamentos em corpos d'água, e as condições para reuso ou lançamento no solo.

Von Sperling (2005), classifica o tratamento de águas residuárias em 4 níveis: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário. Para escolher o nível de tratamento mais adequado, é necessário saber o destino final das águas residuárias tratadas e a legislação para reuso.

O tratamento preliminar consiste apenas na remoção dos sólidos grosseiros, e o tratamento primário elimina os sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Esses tratamentos são predominados por mecanismos físicos de eliminação de poluentes. O tratamento secundário elimina a matéria orgânica e nutrientes, como nitrogênio e fósforo, esse tratamento ocorre por mecanismos biológicos. Já o tratamento terciário tem a finalidade de eliminar poluentes tóxicos ou biodegradáveis, aqueles que não foram eliminados no tratamento secundário (VON SPERLING, 2005).

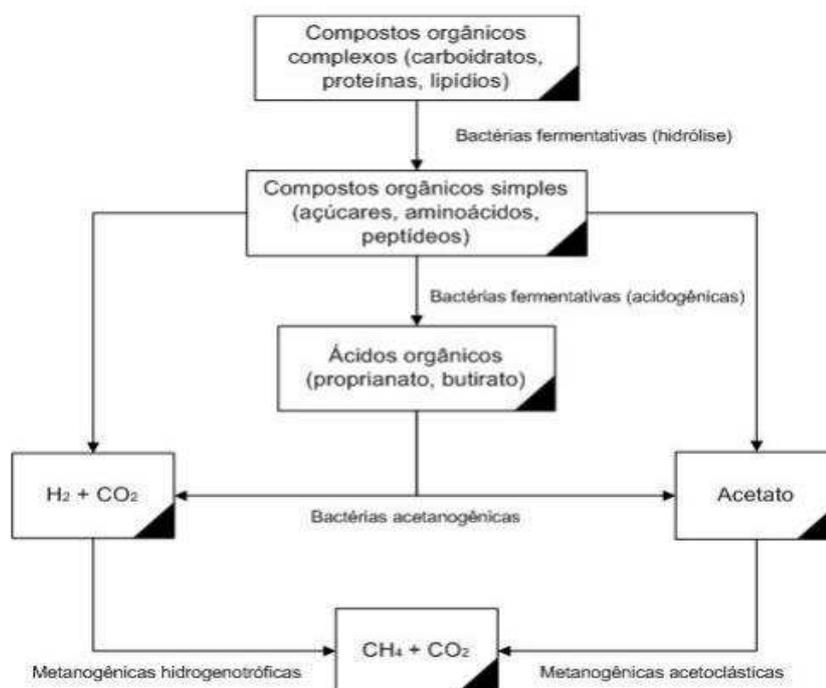
Segundo SAAE (2006), a forma mais eficiente de remover matéria orgânica dos esgotos é utilizando o tratamento biológico. Esse processo necessita da recirculação dos microrganismos decantados, do fornecimento de oxigênio, do controle da vazão, entre outros fatores. A temperatura, o pH, o fornecimento de oxigênio, a presença de elementos tóxicos, a insolação e a disponibilidade de nutrientes, são os fatores que mais afetam o crescimento das culturas. Existem vários métodos que podem ser utilizados no tratamento biológico, dentre eles, tem-se, lagoas de estabilização, processos de disposição sobre o solo, reatores anaeróbios, lodos ativados e reatores aeróbios com biofilmes (VON SPERLING, 2005).

O tratamento biológico é mais econômico em relação as outras técnicas físico-químicas, ela pode ocorrer de forma aeróbia ou anaeróbia. A matéria orgânica das águas residuárias é decomposta pela ação de microrganismos (bactérias, fungos, protozoários) que estão presentes no efluente, que convertem a matéria orgânica em dióxido de carbono, água e material celular. Em condições anaeróbias, há a produção de gases como, o gás metano (VON SPERLING, 2005).

Segundo Chernicharo (2007), para o tratamento de resíduos sólidos, efluentes da agroindústria, águas residuárias e dejetos de animais, a digestão anaeróbia seria a melhor alternativa, além de possuir grandes vantagens técnicas e econômicas. Os principais microrganismos presentes no processo de digestão anaeróbia, são as bactérias fermentativas, bactérias acetogênicas e os microrganismos metanogênicos.

O processo de oxidação da matéria orgânica no sistema anaeróbio, possui quatro etapas (Figura 1) (CHERNICHARO, 2007):

Figura 1. Rotas metabólicas e grupos de microrganismos envolvidos na digestão anaeróbia.



Fonte: Chernicharo, 2007.

- **Hidrólise:** os compostos complexos são convertidos por bactérias fermentativas hidrolíticas em materiais dissolvidos com baixo peso molecular, pela ação de exoenzimas;
- **Acidogênese:** os compostos formados na hidrólise são convertidos em compostos simples, (ácidos orgânicos, álcoois, cetonas, dióxido de carbono e hidrogênio) através do metabolismo fermentativo, que ocorre no interior das células;

- **Acetogênese:** os compostos produzidos na acidogênese são oxidados por bactérias sintróficas acetogênicas, formando substratos adequados para os microrganismos metanogênicos (acetato, hidrogênio e dióxido de carbono);
- **Metanogênese:** há a produção do metano que pode ocorrer, pela redução do ácido acético através das bactérias metanogênicas acetoclásticas, ou pela redução do dióxido de carbono através das bactérias metanogênicas hidrogenotróficas.

Na digestão anaeróbia, a produção de metano e de efluente estabilizado é muito importante, e pode ser utilizado como combustível e biofertilizante (CHERNICHARO, 2007).

Nos tratamentos biológicos anaeróbios, há uma alta remoção de material orgânico suspenso e solúvel, mas a remoção de nutrientes é baixa, geralmente, esses tratamentos necessitam de um pós-tratamento por apresentarem pouca eficiência na remoção de nutrientes (VON SPERLING, 2005). O reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB), é um dos principais reatores utilizados nesse tratamento.

3.5.1 TRATAMENTO COMBINADO DE ESGOTO DOMÉSTICO E LIXIVIADO

O tratamento de lixiviado de aterro sanitário junto com o esgoto doméstico, tem sido bastante utilizado nas estações de tratamento de esgotos (ETEs). Esse tipo de tratamento é viável, desde que o transporte do lixiviado até as ETEs seja de fácil acesso, e que o tratamento tenha capacidade de absorver o volume e carga de poluentes presentes no lixiviado (GALVÃO *et al.*, 2017). Esse tratamento é bastante utilizado no Estados Unidos, Europa e Japão, na Europa está havendo questionamentos sobre as interferências que o lixiviado pode causar nos processos de tratamento, devido as suas características. No Brasil, os critérios para se utilizar o tratamento combinado devem ser definidos de acordo com a nossa realidade (GOMES, 2009).

O tratamento anaeróbio apresenta grandes vantagens no tratamento combinado, no lixiviado, aumenta sua biodegradabilidade, reduzindo cargas de efluentes de alguns poluentes inibidores do processo biológico, no esgoto, há a adição da alcalinidade que ajuda no tamponamento do sistema, além de dispensar a adição de nutrientes. Mas, deve-se saber que o acréscimo de alta carga orgânica/inorgânica no sistema, pode prejudicar o processo de digestão anaeróbia, podendo inibir as atividades metabólicas dos microrganismos presentes na biomassa do reator (SANTOS, 2009). A relação volumétrica entre o lixiviado e o esgoto não deve ultrapassar 2%, evitando problemas no tratamento (MANNARINO, 2011).

3.6 REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E MANTA DE LODO (UASB)

No final da década de 70, na Holanda, foi desenvolvido o UASB, e desde então tem sido bastante utilizado nos tratamentos anaeróbios de águas residuárias, principalmente em regiões de clima tropical e subtropical (PEREIRA, 2008). No Brasil, tem sido muito utilizado devido as condições climáticas com altas temperaturas durante todo o ano, fazendo com que as reações químicas do processo sejam aceleradas, além de possuir baixa produção de sólidos, baixo custo, simplicidade operacional e baixo consumo de energia (CHERNICHARO, 2007).

Nos reatores UASB, o efluente entra pelo fundo do reator, através de um fluxo ascendente. O esgoto entra em contato com o leito de lodo, composto por uma biomassa de alta atividade, que cresce dispersa no interior do reator, há a formação de gases, decorrente da atividade anaeróbia, as bolhas de gases apresentam também uma tendência ascendente. A concentração de biomassa é bastante elevada, por isso o nome de manta de lodo. Para reter a biomassa no sistema, a parte superior dos reatores possuem uma estrutura que possibilita as funções de separação e acúmulo de gás, e de separação e retorno dos sólidos, essa estrutura é chamada de separador trifásico, pois, separa os líquidos, os sólidos e os gases (VON SPERLING, 2005).

Uma característica do processo é a eficiência na remoção da DQO, em média 70%, para se atingir uma maior eficiência esse tratamento deve ser seguido de um pós-tratamento (VON SPERLING, 2005).

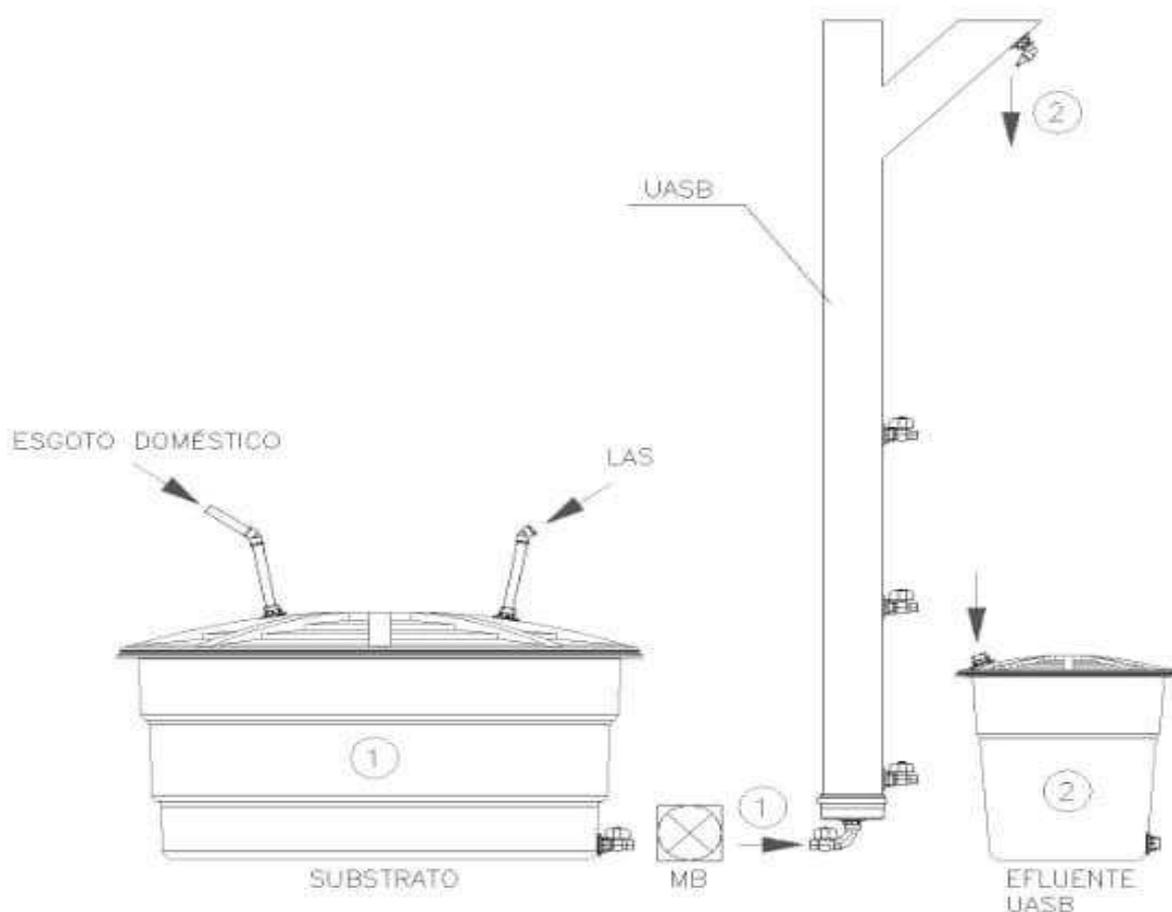
4 METODOLOGIA

4.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXPERIMENTAL E DA COLETA DO MATERIAL

O sistema experimental foi instalado e monitorado na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários (EXTRABES), pertencente à Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizada no bairro do Tambor, na cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil.

O sistema era composto por um reservatório de polietileno de 500L, onde ficava reservado o substrato (entrada), do reator UASB e de um reservatório onde ficava o efluente do UASB. Na Figura 2 é apresentada uma imagem do sistema experimental.

Figura 2- Esquema representativo do sistema experimental.



Fonte: Cedida pela mestrandia, da EXTRABES, Eudocia Carla Oliveira de Araújo.

O lixiviado utilizado foi coletado em maio de 2018, no aterro sanitário da região metropolitana da capital do estado da Paraíba (João Pessoa), e transportado até a EXTRABES em carros tanques, devidamente armazenados.

O esgoto doméstico era proveniente do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Campina Grande – PB e foi coletado de um de seus interceptores que fica localizado dentro das dependências da EXTRABES.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO

O substrato utilizado na alimentação do reator UASB, era constituído de lixiviado de aterro sanitário “*in natura*” na proporção de 2%, mais esgoto doméstico na proporção de 98 %. O lixiviado foi caracterizado (Tabela 3) assim que chegou nas dependências da EXTRABES.

Tabela 3- Caracterização do lixiviado.

Parâmetros	Mai/2018
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	8620
Ácidos Graxos Voláteis (mgHac/L)	929
DQO Total (mgO ₂ /L)	3330,5
DQO Filtrada (mgO ₂ /L)	2820,5
Nitrogênio Amoniacal (mgN-NH ₄ ⁺ /L)	2389
pH	7,9
SST (mg/L)	400

*DQO - Demanda Química de Oxigênio; pH - Potencial Hidrogênionico; SST - Sólidos Suspensos Totais. Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

O esgoto era bombeado para um reservatório de polietileno de 500 L e era adicionado o lixiviado. O substrato era preparado com frequência diária e alimentava o UASB. O reator UASB foi construído de tubo de PVC e possuía uma altura de 2,37 m, um diâmetro de 150 mm e um volume total de 42 L. Inicialmente, foi inoculado 8,5 L de lodo no reator, aproximadamente 20% do volume total. Na Tabela 4, encontram-se os parâmetros operacionais do reator UASB.

Tabela 4- Parâmetros operacionais do reator UASB.

Características	Dados do Reator UASB
Carga hidráulica volumétrica ($\text{m}^3/\text{m}^3\text{d}$)	4,3
Carga orgânica volumétrica ($\text{kgDQO}/\text{m}^3\text{d}$)	3
Forma de operação	Fluxo contínuo
Tempo de detenção hidráulica (h)	5,6
Vazão do efluente (L/d)	180

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

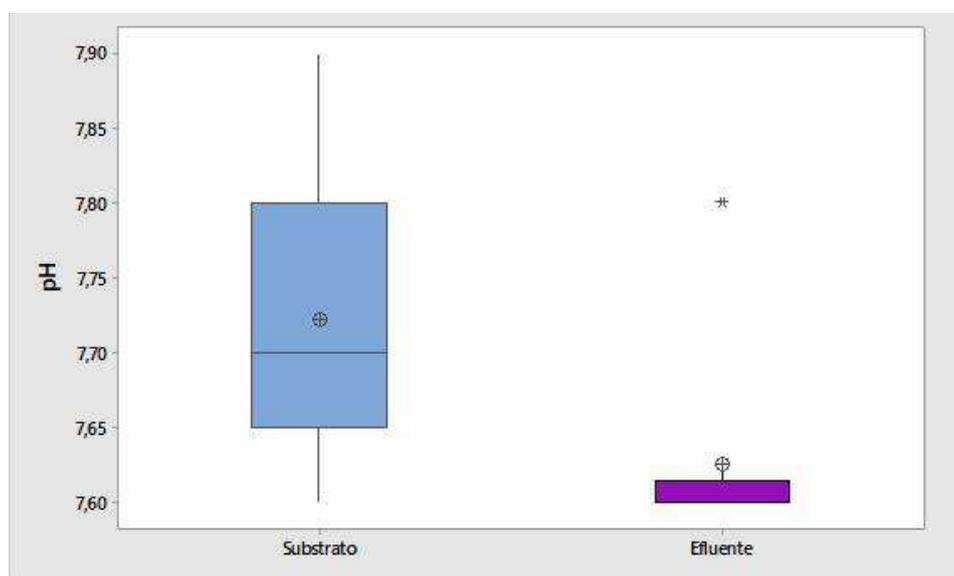
Por fim, o efluente do UASB ficava retido em um reservatório de 40 L, onde era coletado às 08:40 h, e analisadas semanalmente. Eram realizados os métodos analíticos de: alcalinidade total, ácidos graxos voláteis, DQO, nitrogênio amoniacal, pH, SST. Todas elas seguindo os métodos descritos pela American Public Health Association (APHA, 2005).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 PH, ALCALINIDADE E ÁCIDOS GRAXOS VOLÁTEIS

O comportamento do pH no substrato e no efluente do reator, são apresentados na figura 3. Observa-se, que o valor médio do pH no substrato foi de 7,72, com valor máximo de 7,9 e valor mínimo de 7,6. O efluente teve em média 7,62, variando de 7,6 a 7,63. Houve um leve decréscimo do pH no efluente, mas não houve uma grande variação a ponto de comprometer o desempenho do reator.

Gráfico 1: Comportamento dos valores de pH do substrato e do efluente do reator.



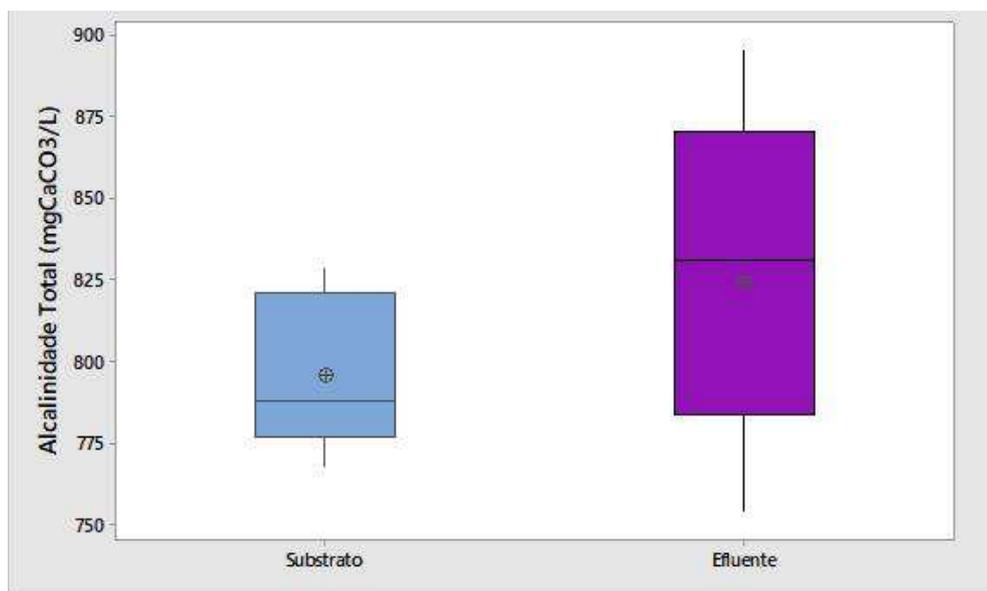
Segundo Von Sperling (2005), o valor de pH ideal para o tratamento de águas residuárias, deve ser em torno da neutralidade, pois fora da neutralidade, tendem a afetar as taxas de crescimento dos microrganismos.

Van Haandel e Lettinga (1994) afirmam que a atividade metanogênica ocorre em uma faixa de pH entre 6,3 a 7,8. Dessa forma, mesmo com o decréscimo do pH o sistema ainda se manteve em boas condições.

Cirne et al. (2016), fizeram um experimento com tratamento conjugado utilizando o reator UASB, com 1% de lixiviado e 99% de esgoto doméstico, no afluente o pH se encontrava numa faixa de 7,1 a 8,1, com média de 7,4. O efluente variou de 7,1 a 8,1, com valor médio de 7,6.

A alcalinidade total no substrato apresentou uma concentração média de 795 mgCaCO₃/L, e no efluente uma concentração média de 824 mgCaCO₃/L (Figura 4). Esse aumento de alcalinidade no efluente deve-se ao processo de amonificação.

Gráfico 2: Perfil da concentração de alcalinidade total no sistema de tratamento.



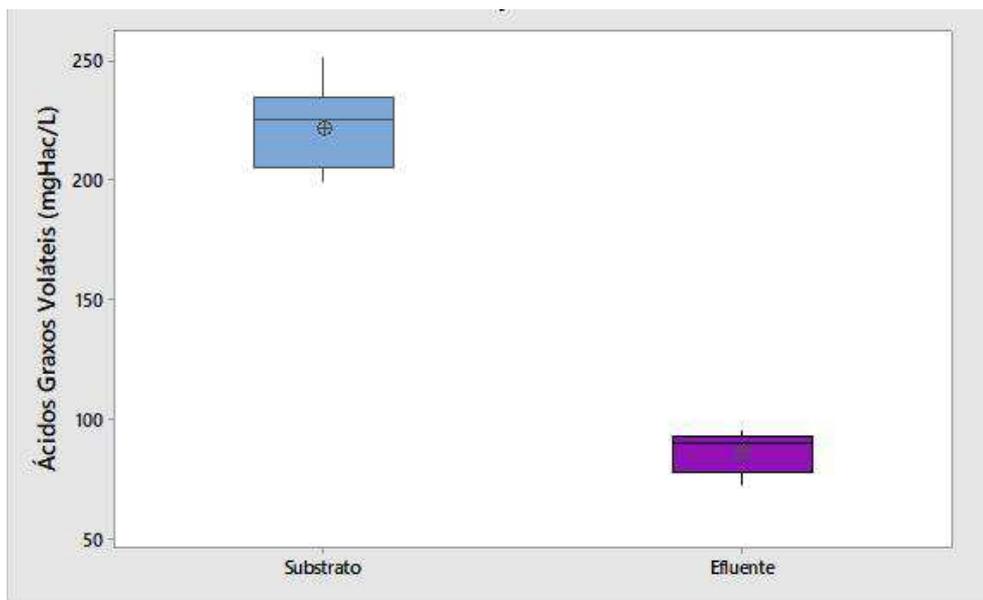
Segundo Oliveira et al. (2015), o aumento da alcalinidade no efluente é positivo para manter o processo estável, ajuda a acelerar a remoção de poluentes e melhorar a capacidade de tamponamento do sistema.

Na digestão anaeróbia, a alcalinidade auxilia no equilíbrio do sistema. Se não houver concentração de alcalinidade suficiente, o pH cai podendo inibir o processo de digestão anaeróbia. É necessário haver uma interação entre as quantidades de AGVs produzidos, e de alcalinidade suficiente para neutralizar os AGVs (LIMA et al., 2015).

Silva & Leite (2015), trabalharam com um processo anaeróbio seguido de aeróbio, com 1% de esgoto doméstico e 99% de lixiviado, cada processo passava por duas etapas, na primeira etapa do processo anaeróbio, a alcalinidade total do afluente apresentou uma média de 471 mgCaCO₃/L, e no afluente de 472 mgCaCO₃/L. Na segunda etapa, a alcalinidade total do afluente ficou em 412 mgCaCO₃/L, e no efluente em torno de 440 mgCaCO₃/L.

A concentração dos ácidos graxos voláteis, podem ser observadas na figura 5. A concentração média no substrato foi de 221 mgHac/L, e no efluente uma concentração média de 86 mgHac/L, com uma eficiência de redução de 61%. Essa redução acontece porque as bactérias consomem os ácidos graxos voláteis, e convertem a metano, isso reflete uma boa condição de estabilidade do reator.

Gráfico 3: Perfil da concentração de ácidos graxos voláteis no sistema de tratamento.



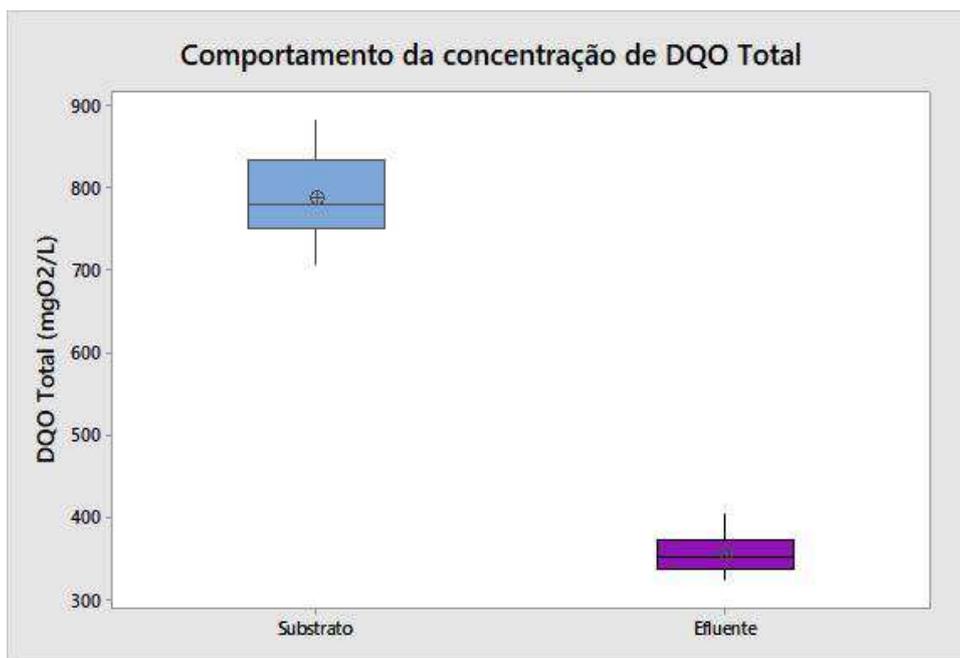
Foi constatado no trabalho de Cirne et al. (2016), uma redução de 42% na remoção de AGVs (utilizando 1% de lixiviado e 99% de esgoto doméstico), sendo assim, o sistema experimental em estudo obteve eficiência superior ao encontrado por Cirne et al. (2016).

Os AGVs são provenientes da degradação de carboidratos, proteínas e lipídeos. O equilíbrio ecológico em sistemas anaeróbios é verificado pela concentração de AGVs. Quando o sistema está em equilíbrio, ou seja, se encontra com uma população de bactérias metanogênicas suficientes e em condições favoráveis, os AGVs serão consumidos logo após serem formados, dessa forma, não se acumularam no sistema, e o pH permanecerá neutro. Caso o sistema esteja sob condições de estresse e tenha limitações dos microrganismos metanogênicos, os AGVs serão gerados de uma forma maior do que serão consumidos, acumulando-se no sistema e causando uma queda no pH, fazendo com que as atividades dos microrganismos cessem (CHERNICHARO, 2007).

5.2 DQO

A concentração média de DQO Total no substrato e no efluente pode ser observada na figura 6. No substrato a concentração média de DQO total foi de 789 mgO₂/L, e no efluente em média 355 mgO₂/L, a eficiência da remoção de DQO foi de 55%.

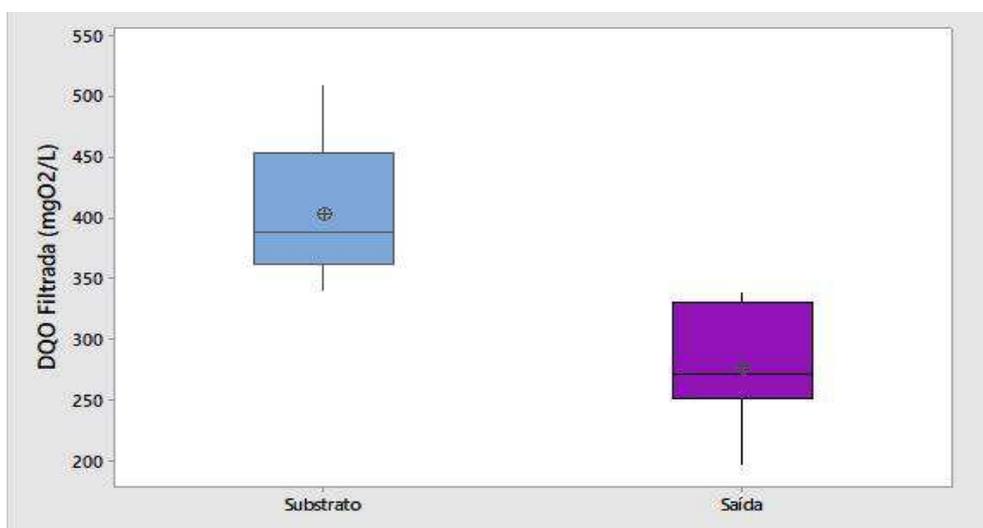
Gráfico 4: Comportamento da concentração de DQO Total no sistema de tratamento.



Segundo Von Sperling (2005), a DQO dos esgotos domésticos está em torno de 600 mg/L, a diferença entre esse valor e o encontrado no substrato do UASB pode ser explicado pelas características do lixiviado utilizado na mistura, que possui uma DQO de 3330,5 mgO₂/L.

A concentração média de DQO Filtrada no substrato e no efluente (Figura 7), foi de 403 mgO₂/L e 276 mgO₂/L, com uma eficiência de remoção de DQO de 31,5%. Pode-se observar que a eficiência de remoção da DQO filtrada foi menor em relação a DQO total. Segundo Silva & Leite (2015), isso indica que possivelmente a maior parte da matéria orgânica removida do sistema está em suspensão ou é sedimentável.

Gráfico 5: Comportamento da concentração de DQO Filtrada no sistema de tratamento.



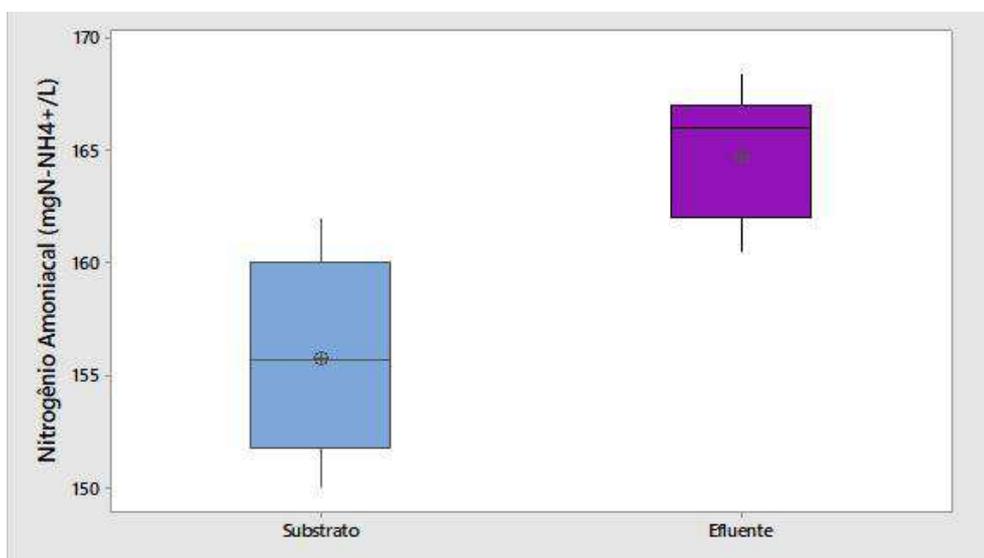
Segundo Von Sperling (2005), a eficiência de remoção da DQO no reator UASB, está em torno de 70%, dessa forma, o sistema estudado encontrou eficiência de remoção inferior, com remoção de DQO total de 55% e DQO filtrada de 31,5%.

No trabalho conjugado de esgoto doméstico (99%) e lixiviado (1%) utilizando o reator UASB, desenvolvido por Ramos et al. (2016), a remoção de DQO total foi de 49,3%, em relação a esse trabalho, o sistema estudado obteve eficiência superior. O mesmo trabalho desenvolvido por Cirne et al. (2016), com diferença de alguns parâmetros, a eficiência de remoção de DQO foi de 64,2%.

5.3 NITROGÊNIO AMONIACAL

O perfil de concentração de nitrogênio amoniacal é apresentado na figura 8. A concentração de nitrogênio amoniacal apresentou um aumento, tendo uma concentração média no substrato de 156 (mgN-NH₄⁺/L), e no efluente de 165 (mgN-NH₄⁺/L), esse aumento ocorre devido ao processo de amonificação. Alguns autores falam que os valores ótimos para as atividades microbianas em reatores anaeróbios, estão entre 50 a 200 mg/L.

Gráfico 6: Comportamento da concentração de nitrogênio amoniacal no sistema de tratamento.



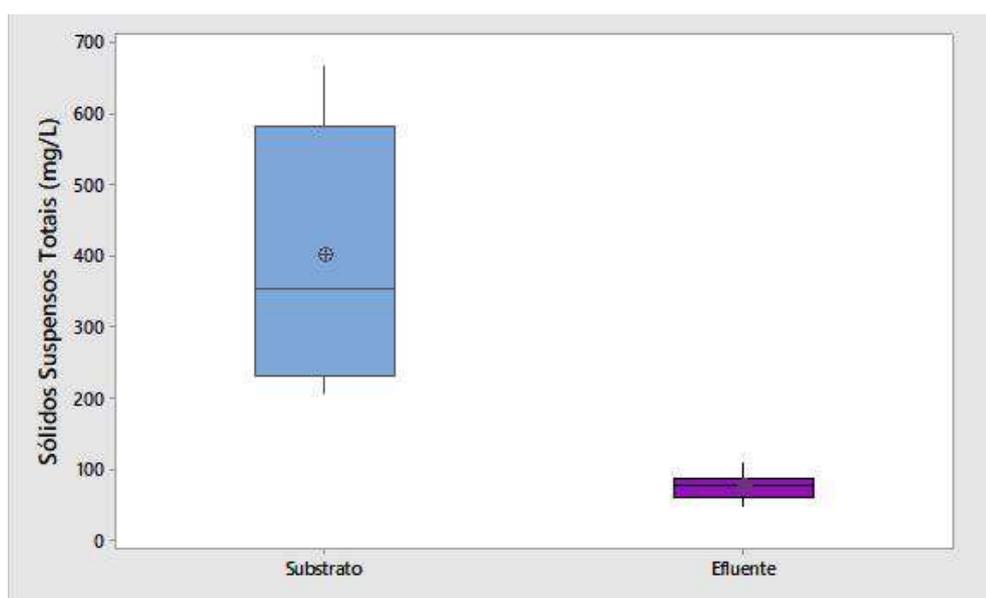
. A concentração de nitrogênio amoniacal estabelecida pelo CONAMA nº 430/2011 é até 20mgN/L, os valores obtidos no sistema de tratamento ultrapassaram esse limite, dessa forma, não será possível o lançamento deste efluente em corpos d'águas.

No trabalho de Silva & Leite (2015), na primeira etapa do processo anaeróbio a concentração de nitrogênio amoniacal foi de 75 mgN-NH₄⁺/L no substrato, e no efluente 72 mgN-NH₄⁺/L. Na segunda etapa o substrato obteve uma concentração de 61 mgN-NH₄⁺/L, e o efluente 57 mgN-NH₄⁺/L.

5.4 SÓLIDOS SUSPENSOS

Na figura 9 pode-se observar os valores dos SST no substrato e no efluente do reator. A média das concentrações de sólidos suspensos totais no substrato e no efluente foram, 400,5 mg/L e 75,5 mg/L, a eficiência de remoção foi de 81%. Segundo Versiani et al. (2005), a maioria das legislações estaduais exigem valores de SST inferiores a 60 mg/L, dessa forma, o sistema de tratamento se mostrou ineficiente na remoção de SST.

Gráfico 7: Comportamento da concentração de sólidos suspensos totais no sistema de tratamento.



No trabalho de Cirne et al. (2016) foi constatado 93,4% de eficiência na remoção de sólidos suspensos totais (utilizando 1% de lixiviado e 99% de esgoto doméstico).

Segundo Lima (2002), a massa de lodo funciona como um lençol retendo os sólidos suspensos, sendo assim, a remoção dos sólidos pode ser fáceis ou difíceis em função da quantidade de massa de lodo.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que o pH do substrato e do efluente se manteve numa faixa de 7,72 e 7,62, favorecendo o meio ao crescimento dos microrganismos degradantes de matéria orgânica, a alcalinidade e os ácidos graxos voláteis, obtiveram uma boa relação, mantendo o reator em condições estáveis.

Contudo, a remoção de sólidos suspensos totais não foi suficiente para manter dentro dos valores permitido pela maioria das legislações estaduais, que seria até 60 mg/L. A concentração de nitrogênio amoniacal encontrada no efluente foi de 165 (mgN-NH₄⁺/L), ultrapassando o valor estabelecido pelo CONAMA nº 430/2011 de até 20mgN/L. E a remoção de DQO total e filtrada foram de 55% e 31,5%, sendo inferiores aos valores encontrados na literatura, que seria de até 70%.

Dessa forma, o sistema de tratamento combinado de esgoto sanitário e lixiviado utilizando o reator UASB, se mostrou pouco eficaz, havendo a necessidade de um sistema de pós tratamento, com o intuito de possibilitar um tratamento de efluente que atenda as normas do CONAMA nº 430/2011, quanto ao lançamento de efluentes em corpos d'águas.

7 REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2017**. São Paulo: ABRELPE, 2017.

APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington, D.C: American Public Health Association, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos: Classificação**. ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**: ABNT, 1986.

AUGUSTO, D.C.C.; GUERRINI, I.A.; ENGEL, V.L.; ROUSSEAU, G.X. Utilização de esgotos domésticos tratados através de sistema biológico na produção de mudas de *Croton floribundus Spreng.* (Capixingui) e *Copaifera langsdorffii Desf.* (Copaíba). **In: Revista Árvore**, Viçosa, v.27, p.335-342, 2003.

BOCCHIGLIERI, M.M. O lixiviado dos aterros sanitários em estações de tratamento dos sistemas públicos de esgotos. Tese de Doutorado. Faculdade de Saúde Pública. USP, 2010.

CALAZANS, M.A.D., Avaliação comparativa de eficiência de três sistemas de tratamento de esgotos domésticos em Natal-RN. **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Natal, 2000.

CASTILHOS JUNIOR, A.B. (Coord.) et al. **Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

CAVALCANTI, A.S. Estudo da aplicação de foto-fenton solar como tratamento de chorume proveniente do aterro sanitário de Cachoeira Paulista-SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo - 2013.

CETESB: **Operação e Manutenção de Lagoas Aeróbias e Facultativas**. São Paulo, 1986.

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. V.5, 379 p. 2007.

CIRNE, J.R.R.; LEITE, V.D.; LOPES, W.S.; MONTE, F.P.; OLIVEIRA, M.J. Tratamento conjugado de esgoto doméstico e lixiviado em reator UASB. **25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Cruzeiro, paraíba, 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº430, de 13 de maio de 2011**.

CORCORAN, E.; NELLEMAN, C.; BAKER, E.; BOS, R. OSBORN, D.; SAVELLI, H. (Eds). **Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development**. Norway: United Nations Environment Programme – UNEP. 85 p., 2010.

ELK, A.G.H.P.V. **Redução de emissões na disposição final**. Rio de Janeiro: IBAM. 40P. 2007.

FERREIRA, J.A.; GIORDANO, G.; RITTER, E.; ROSSO, T.C.A.; CAMPOS, J.C.; LIMA, P.Z.M. Uma revisão das técnicas de tratamento de chorume e a realidade do Estado do Rio de Janeiro. **In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2001.

FERRI, G.L.; CHAVES, G.L.D.; RIBEIRO, G.M. **Análise e localização de centros de armazenamento e triagem de resíduos sólidos urbanos para a rede de logística reversa**: um estudo de caso no município de São Mateus, ES. Production, v. 25, n. 1, p. 27-42, 2015.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. Ministério da Saúde. Brasília, 2006.

GALVÃO, R.B.; BORTH, P.L.B.; TORRECILHAS, A.R.; FERNANDES, F.; KURODA, E.K. Contratamento de Lixiviado Pré-Tratado de Aterro Sanitário e Esgoto Doméstico em Reatores UASB. ABES: Londrina, 2017.

GOMES, L.P. (coord) et al. Resíduos Sólidos. **Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras**. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

IBAM. Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, 2001.

LEITE, V.D.; OLIVEIRA, M.J.; LOPES, W.S.; SOUSA, J.T.; BARROS, A.J.M. Tratamento Biológico de Lixiviado de Aterro Sanitário: nova perspectiva. ABES: Rio de Janeiro, 2015.

LIMA, D.A.; LIMA, J.F.; SOUSA, G.L.S.; HENRIQUE, I.N.; SOUSA, J.T. Tratamento de esgoto sanitário em reator anaeróbio híbrido. ABES: Rio de Janeiro, 2015.

LIMA, M. C. S.; LEITE, V. D.; PRASAD, S.; LOPES, W. S.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B. Tratamento biológico conjugado de percolado e esgoto sanitário em reator UASB. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002.

MANNARINO, C.F; FERREIRA, J.A; MOREIRA, J.C; Tratamento combinado de lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico como alternativa para a solução de um grave problema ambiental e de saúde pública – revisão bibliográfica. **Cadernos de Saúde Coletiva**, v.19, n.1, p.9-11, 2011.

MARA, D. **Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries**. London: Earthscan Ed. 310p. 2004.

MINGHUA, Z.; XIUMIN, F.; ROVETTA, A.; QICHANG, H.; VICENTINI, F.; BINGKAI, L.; GIUSTI, A.; YI, L. **Municipal solid waste management in Pudong New Area, China**. **Journal of Waste Management** **29**, p.1227–1233, 2009.

MORAVIA, W.G. Estudos de Caracterização, Tratabilidade e Condicionamento de Lixiviados Visando Tratamento por Lagoas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 161p. 2007.

MOTA, F.S.B.; VON SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

OLIVEIRA, E.G.; LEITE, V.D.; SILVA, R.B.; HENRIQUE, I.N.; BARROS, A.J.M. Tratamento Anaeróbio e Aeróbio de Lixiviado de Aterro Sanitário. **In: Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**. v.8, n.3, p. 360-371. 2015.

ORTIZ, I.A.S.; PINHEIRO, J.H.P.A. Águas Residuárias: fontes, constituição, e tecnologias de tratamento. **In: Gestão e Qualidade dos Recursos Hídricos: conceitos e experiências em bacias hidrográficas**. Tupã, 2016.

PEREIRA, E.L.S. Utilização de biofiltro aerado submerso no tratamento de efluentes de curtume submetido a processo de pré-tratamentos físico-químico e anaeróbio. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

QUEIROZ, L.M; AMARAL, M.S.; MORITA, D.M.; YABROUDI, S.C.; SOBRINHO, P.A. Aplicação de Processos Físico-Químicos Como Alternativa de Pré e Pós-Tratamento de Lixiviados de Aterros Sanitários. ABES: Salvador (BA), 2011.

QUADROS, A.V. Avaliação da Remoção de Matéria Orgânica Carbonácea em Filtros Anaeróbios Tratando Lixiviado de Resíduos Sólidos Urbanos. Dissertação de Mestrado: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2009.

RAMOS, P.T.A.; LEITE, V.D.; OLIVEIRA, M.J.; BENTO, E.R.; MONTE, F.P. Desempenho de um reator UASB no tratamento conjugado de esgoto doméstico e lixiviado. ABES: Rio de Janeiro, 2016.

RENOU, S; GIVAUDAN, J.G; POULAIN, S; DIRASSOUYAN, F; MOULIN, P. **Landfill leachate treatment:** Review and opportunity. Journal of Hazardous Materials, v. 150, n.1, p.468-493, 2008.

SAAE – **Serviço Autônomo de Água e Esgoto. Sistema de tratamento de esgoto Aracruz,** junho de 2006.

SANTOS, A.F.M.S. Tratamento Anaeróbico de Chorume em Conjunto com Esgoto Sanitário. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2009.

SAWYER, C.N.; MCCARTY, P.L.; PARKIN, G.F. **Chemistry for environmental engineering and science.** 5. ed. New York: McGraw-Hill. 752p. 2003.

SILVA, A. C. Tratamento do Percolado de Aterro Sanitário e Avaliação da Toxicidade do Efluente Bruto e Tratado. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

SILVA, R.B.; LEITE, V.D. Tratamento conjugado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico por processo anaeróbico seguido de aeróbico. **In: Revista DAE.** p.18-26. São Paulo, 2015.

SNAPE, J.B.; DUNN, I.J.; INGHAM, J.; PŘENOSIL, J.E. **Dynamics of Environmental Bioprocesses.** Modelling and simulation. New York: VCH Publishers. 492p., 1995.

SOUTO, G.D.B. Lixiviado de aterros sanitários brasileiros—estudo de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar. 371 p. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) -Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

TELLES, C.A.S. Processos Combinados para o Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

VAN HAANDEL, A.; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgoto em regiões de clima quente. Campina Grande - PB, 1994. 208p.

VERSIANI, B.M.; JORDÃO, E.P.; VOLSCHAN JÚNIOR, I.; DEZOTTI, M.W.C.; AZEVEDO, J.P.S. Fatores intervenientes no desempenho de um reator UASB submetido a diferentes parâmetros operacionais. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Campo Grande-MS, 2005.

VILHENA, A. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento. CEMPRE** - Compromisso Empresarial para Reciclagem. 4ª ed. São Paulo, 2018.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios** - Princípios do tratamento biológico de águas Residuárias. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte. v.7., 588p., 2007.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte. 1996.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte. 3ed. 452p., 2005.