

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

CARLOS EDUARDO KANIA

**UTILIZAÇÃO DE REATORES ANAERÓBIOS TIPO UASB NA
BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2018

CARLOS EDUARDO KANIA



**UTILIZAÇÃO DE REATORES ANAERÓBIOS TIPO UASB NA
BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios - Polo UAB do Município de Foz do Iguaçu/PR, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Medianeira.

Orientador: Prof.^o Dr. Fábio Orssatto

MEDIANEIRA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

Utilização de Reatores Anaeróbios Tipo UASB na Biorremediação de Águas Residuárias

Por

Carlos Eduardo Kania

Esta monografia foi apresentada às 09:00 do dia 30 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios - Polo de Foz do Iguaçu/PR, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Dr. Fábio Orssatto
UTFPR – Campus Medianeira
(orientador)

Prof. Dr. Carlos Aparecido Fernandes
UTFPR – Campus Medianeira

Prof^a. Dra. Carla Cristina Bem
UTFPR – Campus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

Dedico este trabalho à minha querida Letícia.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

Aos meus pais, pela orientação, dedicação e incentivo nessa fase do curso de pós-graduação e durante toda minha vida.

Ao meu orientador professor Dr. Fábio Orssatto pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Campus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino”. (LEONARDO DA VINCI)

RESUMO

KANIA, Carlos Eduardo. Utilização de reatores anaeróbios tipo UASB na biorremediação de águas residuárias. 41 p. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

O presente trabalho foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica em bases científicas diversas (na internet e bibliotecas), objetivando-se um melhor entendimento acerca da utilização de reatores anaeróbios tipo UASB na biorremediação de águas residuárias em estações de tratamento de esgotos. Com este estudo, identificaram-se vários problemas ambientais das grandes cidades, mais especificamente aqueles relacionados ao lançamento de esgotos (eutrofização dos mananciais, alteração de gosto e odor nas fontes de abastecimento de água, etc.), sendo realizado um enfoque específico sobre métodos de biorremediação de águas residuárias em estações de tratamento de esgotos, mais especificamente os reatores anaeróbios UASB. Dessa forma, estudando-se de forma mais aprofundada os reatores tipo UASB, seu histórico, suas características e método de funcionamento, verificou-se que a sua utilização acarreta diversas vantagens, as quais basicamente revelam-se nas questões econômica e operacional. Por fim, realizou-se um levantamento na literatura sobre os trabalhos que se utilizaram de reatores anaeróbios tipo UASB, o que confirmou a sua importância e sucesso no tratamento de águas residuárias.

Palavras-chave: reator de manta de lodo, esgotos, tratamento.

ABSTRACT

KANIA, Carlos Eduardo. Use of UASB anaerobic reactors in wastewater bioremediation. 2018. 41 p. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

The present work was carried out by means of bibliographic research in diverse scientific bases (in the internet and libraries), aiming at a better understanding about the use of UASB anaerobic reactors in the bioremediation of wastewater in sewage treatment stations. This study identified several environmental problems in large cities, specifically those related to the discharge of sewage (eutrophication of springs, alteration of taste and odor in water supply sources, etc.), with a specific approach on methods bioremediation of wastewater in sewage treatment plants, more specifically the UASB anaerobic reactors. Thus, a more detailed study of UASB reactors, their history, their characteristics and their method of operation showed that their use entails several advantages, which basically turn out to be economic and operational issues. Finally, a survey was carried out in the literature on the works that were used of UASB anaerobic reactors, which confirmed its importance and success in the treatment of wastewater.

Keywords: sludge blanket reactor, sewage, treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Resumo da Sequência de Processos na Digestão Anaeróbia de Macromoléculas Complexas	21
Figura 2 - Corte Esquemático de Reator Anaeróbio de Manta de Lodo UASB	28
Figura 3 - Reator UASB	29
Figura 4 - Reator UASB	29
Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens do Reator UASB.....	30
Tabela 2 - Publicações que Utilizaram Reator UASB no Tratamento de Esgotos	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASCE	American Society of Civil Engineers
BVS	Biblioteca Virtual em Saúde
DAFA	Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
O ₂	Oxigênio
pH	Potencial Hidrogeniônico
RAFA	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
RAFAALL	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente através de Leito de Lodo
RALF	Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....	14
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE PESQUISA.....	14
2.2 MÉTODOS UTILIZADOS PARA OBTENÇÃO DOS DADOS.....	15
2.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	15
3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1 CRESCIMENTO POPULACIONAL E SANEAMENTO	16
3.2 CONTAMINAÇÃO DE CORPOS D'ÁGUA POR ESGOTOS	16
3.3 ESGOTO DOMÉSTICO	17
3.4 CONSEQUÊNCIA DO LANÇAMENTO DO ESGOTO DOMÉSTICO NOS CORPOS D'ÁGUA	18
3.5 BIORREMEDIAÇÃO	18
3.5.1 Classificação da biorremediação.....	19
4. REATORES ANAERÓBIOS	20
4.1 Histórico	20
4.2 Biodigestão anaeróbica.....	21
4.2.1 Hidrólise	22
4.2.2 Acidogênese.....	22
4.2.3 Acetogênese.....	22
4.2.4 Metanogênese.....	23
4.2.5 Sulfetogênese	23
4.3 Fatores influenciadores da biodigestão anaeróbica	24
4.3.1 Temperatura	24
4.3.2 pH e alcalinidade.....	24
4.3.3 Presença de nutrientes.....	25
4.3.3 Capacidade de assimilação de cargas tóxicas.....	25
4.4 Reator anaeróbio de manta de lodo UASB	26

4.4.1 Funcionamento do reator UASB.....	27
4.4.2 Vantagens e desvantagens do reator UASB	30
5. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	31
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

O problema da geração de águas residuárias, mais especificamente esgoto doméstico, cresce a cada ano. Com o aumento populacional descontrolado, é cada vez maior o desafio de prover os domicílios com algum sistema de coleta de esgoto.

De acordo com dados de Saneamento Básico do Instituto Trata Brasil, somente 50,3% da população tem acesso à coleta de esgoto, ou seja, mais de 100 milhões de brasileiros não têm acesso a esse tipo de serviço. Ainda, mais de 3,5 milhões de brasileiros, nas 100 maiores cidades do país, despejam esgoto irregularmente, mesmo tendo redes coletoras disponíveis (TRATA BRASIL, 2017).

Nesse contexto, o lançamento desenfreado de águas residuárias sem qualquer tipo de tratamento certamente traz sérios prejuízos ao meio ambiente, diminuindo consideravelmente a qualidade da água dos corpos receptores, com aparecimento de mau cheiro, poluição visual, eutrofização, diminuição do nível de oxigênio em solução, o que acarreta a diminuição da vida aquática. Além disso, há risco de contaminação por organismos patogênicos pelo consumo de água contaminada.

Ademais, mesmo com o tratamento dos efluentes domésticos (esgoto doméstico) nas estações de tratamento, a qualidade final de tais despejos nos corpos de água ainda não está apto para consumo, além do que pode não ser tão eficiente como poderia.

Dessa forma, o grande excesso populacional em áreas cada vez menores, isso aliado ao descaso do poder público, acarreta enormes problemas para o meio ambiente.

Assim, a destinação das águas residuárias nas grandes cidades, mais especificamente o esgoto doméstico, vem se tornando um desafio maior a cada dia.

Por esse motivo, novos métodos de remediação de áreas contaminadas são necessários, tanto do ponto de vista econômico como funcional.

Uma alternativa empregada no tratamento de esgotos é a biorremediação, que é a utilização de processos biológicos, os quais transformam a matéria orgânica em compostos mais simples, como água, gás carbônico e sais minerais, além de controlar o crescimento de espécies patogênicas, favorecendo com isso o aumento de microrganismos benéficos ao meio ambiente (BENERJI; WOOD; FARRELLY, 2002; BONFIM *et al.*, 2011).

Assim, através da realização de um apanhado geral do estado atual das grandes cidades, e o conseqüente aumento populacional, objetiva-se identificar os problemas ambientais relacionados a águas residuárias nas grandes cidades, classificando e estudando métodos de biorremediação em estações de tratamento de esgotos, mais especificamente os reatores anaeróbios de manta de lodo tipo UASB, seu funcionamento, vantagens e desvantagens de sua utilização.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Utilizou-se como metodologia para a pesquisa, a fim de conclusão deste trabalho científico, a bibliográfica referida, outras fontes bibliográficas e outros métodos de pesquisas, todos para contribuir com o maior suprimento de informações sobre o tema.

O trabalho de monografia foi construído com base em pesquisa bibliográfica em bases científicas disponíveis na internet e bibliotecas, buscando maior esclarecimento sobre o tema.

O trabalho desenvolvido buscou findar os procedimentos metodológicos de pesquisa, abordando as diferentes correntes adotadas, com o objetivo de demonstrar as diversas interpretações dadas ao tema.

De acordo com Gil (2010, p.45), pode-se definir pesquisa como um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos.

E, para a realização do trabalho dissertativo, foi utilizada a pesquisa exploratória, que, são aquelas pesquisas que têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Pode-se dizer que o conhecimento científico está assentando nos resultados oferecidos pelos estudos explicativos; isto, não significa que as pesquisas exploratórias e descritivas tenham menos valor, porque quase sempre constituem etapa prévia indispensável para que se possam obter explicações científicas.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE PESQUISA

Para a realização deste trabalho foi utilizada a pesquisa exploratória que segundo Gil, (2010, p. 44),

Tem como finalidade principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, com vistas na formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. São pesquisas desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximado, acerca de determinado fato.

Também, no que tange ao trabalho em questão, observa-se que através da pesquisa exploratória, é sequenciada da pesquisa descritiva, que, segundo Gil, (2010, p. 45), tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população de amostra.

2.2 MÉTODOS UTILIZADOS PARA OBTENÇÃO DOS DADOS

Foi utilizado o Método Dedutivo proposto, que, de acordo com Gil, (2010, p.30), consiste na adoção da seguinte linha de raciocínio:

Quando os conhecimentos disponíveis sobre determinado assunto são insuficientes para a explicação de um fenômeno, surge um problema. Para tentar explicar as dificuldades expressas no problema, são formuladas conjecturas ou hipóteses. Das hipóteses formuladas, deduzem-se consequências que deverão ser testadas ou falseadas; enquanto que no método dedutivo, procura-se a todo custo confirmar a hipótese, no método hipotético-dedutivo, ao contrário, procurando evidências empíricas para derrubá-la.

2.3 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados tem por objetivo sintetizar e organizar os dados angariados no decorrer da pesquisa, atingindo assim os objetivos propostos. Essa análise foi totalmente embasada no referencial teórico, sustentando pela pesquisa bibliográfica.

3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

3.1 CRESCIMENTO POPULACIONAL E SANEAMENTO

O assunto do tratamento dos esgotos é de extrema importância, mais ainda nos dias atuais, onde a concentração humana nos centros urbanos chegou a níveis nunca antes vistos.

De acordo com dados do IBGE, a população do Brasil hoje alcança o importe de 208.192.387 (duzentos e oito milhões, cento e noventa e dois mil, trezentos e oitenta e sete habitantes) com um novo nascimento a cada 21 segundos (IBGE, 2018).

Assim, com tamanho crescimento populacional, é certo dizer que a infraestrutura de saneamento básico não acompanha este incremento de modo satisfatório. Lobo (2003) afirma que “o Brasil é um país onde o saneamento e, principalmente, o esgotamento sanitário ainda são privilégios de poucos, passando ao largo das periferias onde vive a maioria da população”.

É um cenário preocupante, podendo-se afirmar que há claramente uma desigualdade de acesso aos serviços de saneamento básico de acordo com a renda da população (SAIANI, 2006).

3.2 CONTAMINAÇÃO DE CORPOS D'ÁGUA POR ESGOTOS

Devido a esse aumento exacerbado da atividade humana, principalmente nos grandes centros urbanos, o nível de compostos orgânicos estranhos ao meio ambiente tem se elevado de maneira exorbitante, sendo lançados nos corpos d'água geralmente sem tratamento (DARTORA *et al*, 1998).

Dependendo das características do local, ou da quantidade de rejeitos, o meio tem plenas condições de fazer a decomposição dos contaminantes, de maneira tal que não haja reflexos negativos ao meio ambiente (CAMPOS *et al*, 1999).

Tal observação comprova que a própria natureza consegue lidar com os contaminantes e realizar o devido tratamento do esgoto lançado. Mas para que isso

ocorra, duas são as condições necessárias: não pode haver sobrecarga de substâncias contaminantes, e as condições do meio sejam adequadas para a reprodução e crescimento dos microrganismos decompositores da matéria orgânica (CAMPOS *et al*, 1999).

Ocorre que o que geralmente se verifica é o despejo de grande quantidade de substâncias contaminantes nos solos e/ou corpos de água, o que acarreta uma diminuição da qualidade ambiental, comprometendo de forma indelével as formas de vida que vivem em tais ambientes contaminados (CAJARAVILLE, 2000).

São inúmeros os tipos de substâncias a que a biota está constantemente exposta, dentre eles, podem se citar lixo tóxico proveniente de indústrias, agrotóxicos, derrames acidentais de todo tipo de substância e esgotos domésticos.

3.3 ESGOTO DOMÉSTICO

Mesmo tendo um potencial poluidor menor, se comparado a um efluente industrial, o efluente doméstico também pode causar sérios impactos ambientais. O não tratamento dos esgotos pode contribuir para a proliferação de inúmeras doenças parasitárias e infecciosas além da degradação do corpo da água. Citam-se como efluentes domésticos os esgotos de casas, prédios (residenciais e comerciais) dentre outros, restaurantes e lanchonetes e também fossas sépticas.

Os efluentes domésticos (esgoto doméstico) são constituídos de 99,9% de água e 0,1% de matéria sólida, orgânica e inorgânica, sendo que os principais componentes orgânicos são: proteínas, açúcares, óleos e gorduras, microrganismos, sais orgânicos e componentes dos produtos saneantes. Já os constituintes inorgânicos são sais formados de ânions (cloretos, sulfatos, nitratos, fosfatos) e cátions (sódio, cálcio, potássio, ferro e magnésio) (VON SPERLING, 1996).

Dessa forma, antes de se realizar o tratamento, é necessário conhecer as características dos efluentes para identificar as tecnologias apropriadas para o tratamento.

3.4 CONSEQUÊNCIA DO LANÇAMENTO DO ESGOTO DOMÉSTICO NOS CORPOS D'ÁGUA

O ato de lançar matéria orgânica advinda de esgoto doméstico em corpos d'água produz uma série de efeitos, como o consumo de O₂ e eutrofização dos mananciais. Além disso, há alteração de gosto e odor nas fontes de abastecimento de água, possível acumulação de metais pesados ao longo da cadeia trófica, alteração da cor e turbidez.

De acordo com Braga *et al.*, (2005) “a eutrofização é o enriquecimento das águas com os nutrientes necessários ao crescimento da vida vegetal aquática, é ainda, um processo natural dentro da sucessão ecológica dos ecossistemas”.

Assim, tendo em vista essa eutrofização acelerada, há um grande aumento da proliferação de algas e outros microrganismos, os quais passam a competir com os animais aquáticos superiores pelo oxigênio que está dissolvido na água e, por se tratarem de organismos com menores exigências para sobrevivência, estes se multiplicam muito mais, vencendo a competição por oxigênio e por conseguinte, matando os demais organismos.

São duas as consequências da eutrofização: impacto sobre o ecossistema e a qualidade da água e impacto sobre a utilização dos recursos hídricos (dificuldades no controle do pH, custos do controle de odor e sabor da água aumentam, o uso recreacional da água fica prejudicado) (BRAGA *et al.*, 2005).

3.5 BIORREMEDIAÇÃO

Pode-se definir a biorremediação como “um processo biotecnológico no qual se utiliza o metabolismo de microrganismos para a eliminação rápida de poluentes, com o objetivo de reduzir sua concentração a níveis aceitáveis” (YAKUBU, 2007).

Ou seja, este processo nada mais é do que a utilização de processos biológicos, os quais transformam a matéria orgânica em compostos mais simples, como água, gás carbônico e sais minerais.

3.5.1 Classificação da biorremediação

A biorremediação pode ser classificada em *in situ* e *ex situ*. Na biorremediação *in situ*, o tratamento é realizado no próprio local onde ocorreu a contaminação. Como exemplos desse processo pode-se citar: atenuação natural, bioaumento, biodigestão em células, bioestimulação, biofiltração, bioventilação (BOOPATHY, 2000).

Já a biorremediação *ex situ* é realizada fora do local contaminado, o que acarreta a retirada do solo ou efluente contaminado para outro local. Pode-se citar como exemplos a compostagem e biorreatores.

Com relação a estes últimos (biorreatores), os processos biológicos se dividem em aeróbios e anaeróbios.

Assim, o enfoque deste trabalho foi relativo à biorremediação *ex situ*, mais especificamente reatores anaeróbios de manta de lodo UASB, utilizados em estações de tratamento de esgotos (ETE) para o tratamento de efluentes e lodos.

4. REATORES ANAERÓBIOS

4.1 Histórico

O início do tratamento de esgotos utilizando a via anaeróbica remonta do ano de 1882, na França, com a câmara vedada ao ar, denominada Fossa automática Mouras (ROSARIO, 2007), na qual o material orgânico presente nos esgotos era liquefeito.

Interessante apontar que o volume de matéria sólida acumulada no tanque séptico era muito menor do que a inicialmente imaginada por Mouras. Nessa época o inventor ainda não sabia que a redução do material sólido acumulado era devido à atividade bacteriana, produzindo liquefação e gaseificação do material orgânico sólido (ANDRADE NETO, 1997).

A partir do invento de Mouras, houve o desenvolvimento de outras câmaras com outras concepções, como: o tanque séptico, em 1895, na Inglaterra, o tanque Talbot, em 1894, nos Estados Unidos, e o tanque Imhoff (bicompartimentado), em 1905, na Alemanha (McCarty, 1982).

Mas foi através dos trabalhos nos idos da década de 1960, acerca do tratamento de matéria orgânica por meio de filtros anaeróbios ascendentes (YOUNG, 1969), que ampliou-se a aplicação do processo anaeróbio, com a possibilidade real de tratamento direto de águas residuárias.

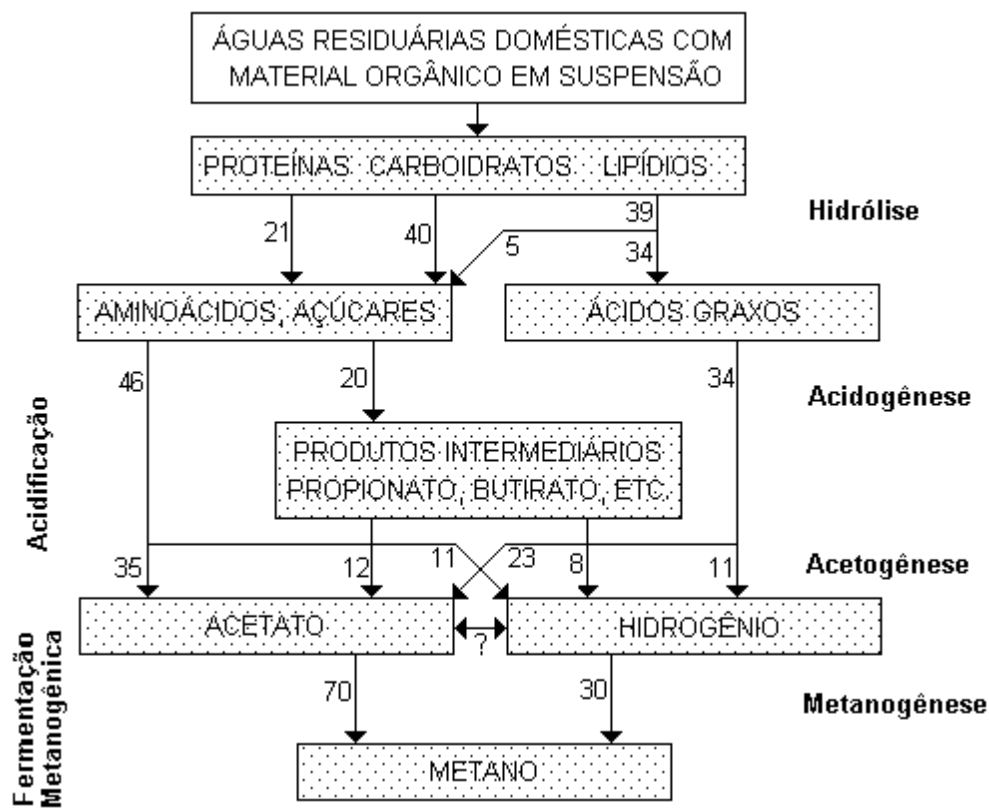
Na década seguinte foram desenvolvidos diversos outros reatores anaeróbios de alta taxa (em especial para o tratamento de águas residuárias industriais), como leito fluidizado e o reator anaeróbio de fluxo ascendente (upflow anaerobic sludge bed – UASB) (ANDRADE NETO, 1999).

A versão moderna do reator de manto de lodo foi desenvolvida na Holanda, com a distribuição do esgoto em vários pontos do reator, além de um separador de fases (decantador e defletor de gases), conhecido como UASB. Este tipo de reator é utilizado no Brasil desde a década de 1980, sendo o país no qual mais tem sido aplicado, encontrando-se em todos os Estados, principalmente no Paraná (ANDRADE NETO, 1999).

4.2 Biodigestão anaeróbica

A biodigestão anaeróbica um processo extremamente complexo, o qual é composto por diversas reações bioquímicas em sequência. A seguir, a figura 1 ilustra os diversos processos que ocorrem na digestão anaeróbia.

Figura 1 - Resumo da sequência de processos na digestão anaeróbia de macromoléculas complexas (os números referem-se a porcentagens expressas como DQO)



Fonte: van Haandel e Lettinga, 1994

São quatro etapas distintas que ocorrem na digestão anaeróbia do material orgânico presente em águas residuárias, quais sejam: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. A depender da composição química da água residuária a ser tratada, pode haver a inclusão de uma quinta fase, a sulfetogênese (COSTA *et al*, 2007).

4.2.1 Hidrólise

Durante este processo, a matéria orgânica é convertida em compostos menores. Isto é possível graças a enzimas específicas, excretadas por bactérias fermentativas, promovendo a quebra de proteínas a aminoácidos, de carboidratos a açúcares solúveis e de lipídios a ácidos graxos de cadeia longa (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

É interessante salientar que é a velocidade em que ocorre a hidrólise que limitará a conversão da matéria orgânica em biogás (MATA-ALVAREZ *et al.* , 2000).

4.2.2 Acidogênese

Os compostos gerados na fase anterior (hidrólise) são absorvidos pelas células das bactérias anaeróbias, e então convertidos em compostos mais simples, os quais são em seguida excretados pelas células.

Tais compostos simples são ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido láctico, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio, entre outros.

De acordo com Van Haandel & Lettinga (1994), na acidogênese podem ser encontradas bactérias anaeróbias obrigatórias (maioria) e facultativas. Estas são de grande importância, pois retiram o oxigênio dissolvido, o qual é tóxico para as bactérias anaeróbicas.

4.2.3 Acetogênese

Nesta etapa há a conversão dos produtos da etapa anterior em substratos para produção de metano: acetato, hidrogênio e dióxido de carbono. Conforme se observa na figura 1, cerca de 70 % da demanda química de oxigênio (DQO) presente é convertida em ácido acético, sendo o restante concentrado no hidrogênio formado (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

4.2.4 Metanogênese

Etapa final do processo de conversão da matéria orgânica em metano e dióxido de carbono, a metanogênese ocorre através de dois grupos de bactérias, as metanogênicas acetoclásticas (formam metano a partir de ácido acético ou metanol) e as metanogênicas hidrogenotróficas (formam metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono) (ROSÁRIO, 2007).

Além disso, salienta-se que as bactérias metanogênicas hidrogenotróficas crescem mais rapidamente que aquelas que usam ácido acético, de modo que estas geralmente limitam a velocidade de transformação de material orgânico complexo (CARVALHO, 2000).

4.2.5 Sulfetogênese

Quando na respiração anaeróbia há utilização de compostos à base de enxofre (sulfetos), como aceptores finais de elétrons na oxidação dos compostos orgânicos, há a produção de sulfetos (COSTA *et al*, 2007).

Nesse processo há a utilização de compostos sulfurados (sulfatos e sulfitos) por grupos de bactérias anaeróbias, chamadas de sulforredutoras (COSTA *et al*, 2007).

É importante salientar que, quando na presença de sulfato, as bactérias sulforredutoras competem pelos substratos com os organismos acetogênicos e metanogênicos (GODOI, 2014).

Ademais, conforme Damianovic e Foresti (2007), existe o problema da inibição da atividade microbiana causada pelas espécies de sulfeto presentes no meio.

4.3 Fatores influenciadores da biodigestão anaeróbica

Diversos são os fatores que podem influenciar de alguma forma a digestão anaeróbia nos esgotos, mas os principais são a temperatura, pH, presença de nutrientes, alcalinidade e capacidade de assimilação de cargas tóxicas (CAMPOS *et al*, 1999).

4.3.1 Temperatura

A temperatura está entre os fatores ambientais que afetam de maneira mais incisiva a digestão anaeróbia, atuando diretamente na velocidade das reações metabólicas das bactérias, além de contribuir com o equilíbrio iônico e na solubilidade de alguns substratos (ANDRADE NETO *et al*, 1999).

São três as faixas de temperatura nas quais a digestão anaeróbia pode ocorrer, quais sejam: psicrófila (0° a 15°), mesófila (15° a 45°) e termófila (50° a 65°). De acordo com Souza (1984, p. 03), na faixa mesófila a digestão anaeróbica tem um bom desenvolvimento em temperatura entre 30° a 40°, com a temperatura ótima na faixa de 35° a 37°. Já na faixa termófila, a temperatura ótima se encontra entre 57° e 62°.

A digestão termófila é a opção correta para se obter maior velocidade na digestão anaeróbica e, conseqüentemente, maior eficiência no tratamento (CARVALHO, 1985), somente devendo-se atentar que caso exija-se aquecimento do sistema, tal tratamento pode se tornar economicamente inviável (SOUZA, 1984).

4.3.2 pH e alcalinidade

As bactérias anaeróbias metanogênicas são bastante sensíveis ao pH do meio, sendo que, de acordo com Speece (1996), seu crescimento ótimo ocorre na faixa entre 6,5 e 8,2 (ANDRADE NETO *et al*, 1999).

É interessante apontar que o tratamento de águas residuárias em reatores anaeróbios não exige cuidados especiais referente ao controle do pH do meio, pois, de

acordo com ANDRADE NETO *et al* (1999), obtém-se um valor estável e adequado de pH de maneira natural, devido às características dos íons carbônicos nesses afluentes.

4.3.3 Presença de nutrientes

Toda reação bioquímica necessita de determinadas moléculas, e micronutrientes para se realizar, sendo que, no caso na digestão anaeróbia, o nitrogênio (N) e o fósforo (P) são essenciais.

A quantidade destes nutrientes depende das eficiências dos microrganismos responsáveis pela fermentação da matéria orgânica. Assim, a baixa taxa de crescimento dos microrganismos anaeróbios irá requerer uma menor quantidade de N e P (FORESTI *et al.*, 1999).

O enxofre (S) da mesma forma é um nutriente necessário na reação de digestão anaeróbia (na fase da metanogênese), sendo requerida uma elevada quantidade de sulfetos dos microrganismos envolvidos na reação (SPEECE, 1983).

Para uma estimulação satisfatória dos processos anaeróbios, também é necessária a presença de micronutrientes, como níquel, cobalto, ferro e zinco (Damianovic, 1992).

Tanto os nutrientes quanto os micronutrientes aqui citados são abundantes no que se refere a esgotos sanitários, sendo até mesmo necessário realizar um tratamento para a retirada do excesso de concentração de tais nutrientes.

4.3.3 Capacidade de assimilação de cargas tóxicas

Uma substância é considerada tóxica quando, em pequenas quantidades, gerar algum efeito nocivo ao processo metabólico dos microrganismos. De acordo com Andrade Neto (2004), o que determina a toxicidade de uma substância é a sua concentração no meio, além do tipo de prejuízo que ela causa.

A toxicidade pode ser considerada letal ou não. Caso a substância somente prejudique o metabolismo microbiado, ela é chamada de substância inibidora, sendo que,

caso seja retirada do meio, os microrganismos voltam a exercer suas atividades (ou seja, o processo é reversível) (ANDRADE NETO, 2004).

Ainda, quanto maior o tempo de retenção celular (idade do lodo), maior será a capacidade de assimilação da carga tóxica. Conforme Foresti *et al.* (1999), o ideal é que a idade do lodo seja superior a 50 dias (trabalhando entre 20° e 30° C).

Interessante salientar que, de acordo com Oliva (1997), reatores anaeróbios de manta de lodo tipo UASB não apresentam problemas com toxicidade advinda de esgotos domésticos, não havendo alteração significativa do desempenho do reator.

4.4 Reator anaeróbio de manta de lodo UASB

Embora possa ser chamado por diversos nomes, como RAFA, DAFA, RAFAALL, RALF etc., este reator se consagrou como UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*), nomenclatura original dada em inglês por Lettinga, um dos pioneiros na Holanda. De acordo com Campos *et al* (1999), observa-se que há uma alguma semelhança do UASB com o filtro anaeróbio ascendente, tendo este inclusive servido como modelo inicial do desenvolvimento que se seguiu.

A diferença, conforme o autor, encontra-se no fato que o reator UASB não possui material de enchimento que possa servir como suporte para a biomassa. O que ocorre é a imobilização dos microrganismos por “auto-adesão”, com a formação de flocos densos e suspensos, os quais dispõem-se em camadas de lodo.

Considera-se que o reator UASB representa um avanço no tratamento de águas residuárias, de baixa ou de alta concentração, solúveis ou com material particulado (CAMPOS *et al*, 1999).

O sucesso do reator UASB deve-se a diversos fatores, dentre eles, permitir o incremento de uma grande quantidade de biomassa ativa, de flocos ou de grânulos de alta densidade e resistência mecânica, além de elevado tempo de retenção celular, podendo acomodar altas cargas orgânicas volumétricas, com tempo de detenção hidráulica curto, da ordem de grandeza de algumas horas (LETTINGA e HULSHOFF, 1991).

Além disso, o próprio fluxo hidráulico ascendente, além de gases gerados nas reações de processamento da matéria orgânica, promove uma adequada agitação e

mistura, promovendo um eficiente contato biomassa/esgoto, o que é um requisito primordial para o funcionamento adequado do processo.

Outro ponto interessante refere-se ao fato de que o reator UASB exerce de maneira simultânea diversas funções que, em outras estações de tratamento aeróbio comuns, são usualmente efetuadas em tanques separados. No tanque do UASB ocorre a sedimentação dos sólidos suspensos do esgoto, os quais ficam retidos no manto de lodo biológico espesso. Além disso, a sedimentação do lodo biológico eventualmente ascende, sendo necessária a instalação de um separador de sólidos na parte superior do tanque. Ademais, o UASB é um reator, e como tal, realiza a digestão da parte sólida retida, requerendo, depois, somente secagem, quando do descarte do lodo de excesso. E sendo reator, é evidente que ocorrem também as reações para o processamento da parte solúvel que vem com os esgotos (CAMPOS *et al*, 1999).

Portanto, o UASB é ao mesmo tempo um decantador primário, um reator biológico propriamente dito, um decantador secundário e um digestor de lodo.

4.4.1 Funcionamento do reator UASB

O reator UASB é um reator anaeróbio (sem utilização de oxigênio), totalmente fechado, no qual a decomposição da matéria orgânica é realizada por microrganismos específicos existentes no manto de lodo.

Primeiramente, o afluente a receber tratamento entra pelo fundo do reator UASB, o qual deve ser espalhado de maneira uniforme, para que haja melhor contato entre o substrato e a biomassa. Essa mistura é importante para que não ocorram regiões de “zonas mortas” no leito de lodo (CHERNICHARO, 1997).

Em seguida, o afluente percorre um fluxo ascendente (daí vem um dos seus nomes), e chega à zona de digestão, onde ocorrerá a mistura com o lodo e a digestão anaeróbia propriamente dita, com a conseqüente produção de biogás (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994). Interessante salientar que o fluxo hidráulico funciona de forma natural, por gravidade, sem utilização de bombas.

Então, o efluente sai pelo topo do reator, após passar pela separação das fases sólida, líquida e gasosa, realizada pelo separador trifásico (CHERNICHARO, 1997). Tal aparato é necessário, pois, com o movimento das bolhas de gás e do líquido, ocorre a

ascensão do lodo. Assim, acima do separador trifásico há uma câmara de sedimentação, onde o lodo mais denso é retido e devolvido ao compartimento de digestão, com as partículas mais leves saindo junto com o efluente final.

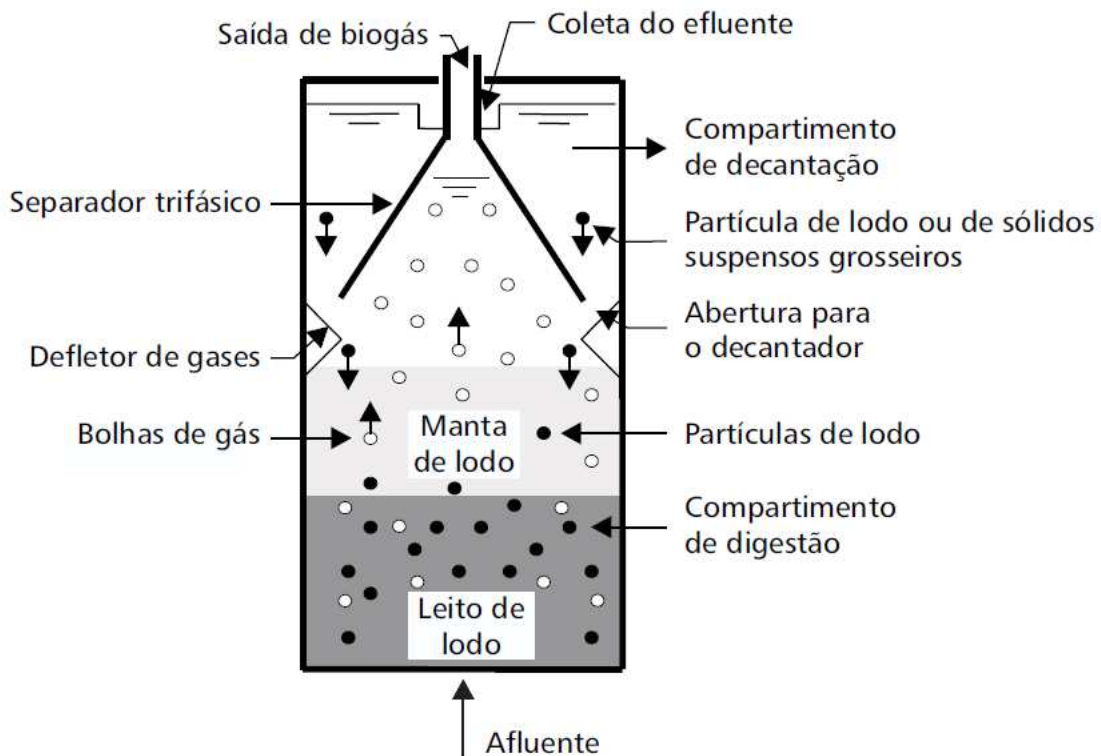
Ainda, em todo projeto de reator UASB é importante a existência de um sistema coletor do biogás, tendo em vista a possibilidade de ocorrência de maus odores e até explosões.

É importante salientar que para se obter um lodo de boa qualidade, é necessário dar “partida no reator UASB”, o que preferencialmente se faz com a inoculação do reator com um lodo adaptado ao esgoto a ser tratado.

A eficiência do reator UASB atinge de 65% a 75%, sendo necessário um tratamento complementar que pode ser feito através da lagoa facultativa.

Nas figuras 2, 3 e 4, segue desenho esquemático e imagens de um reator UASB:

Figura 2. Corte esquemático de reator anaeróbico de manta de lodo UASB



Fonte: Chernicharo, 1997

Figura 3. Reator UASB



(Fonte: https://www.nijhuisindustries.com/uk/references/uasb-anaerobic-treatment-plant-sharp__s-brewery/)

Figura 4. Reator UASB



Fonte: <http://www.hidrosul.com.br/produto/reator-uasbrafa>)

4.4.2 Vantagens e desvantagens do reator UASB

São diversas as vantagens apresentadas por um reator UASB, as quais resumem-se basicamente na questão econômica e operacional. A tabela a seguir faz um cotejamento das várias vantagens e desvantagens desse tipo de reator (CASEIRO, 2005).

Tabela 1. Vantagens e desvantagens do reator UASB

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Baixo consumo de energia elétrica;	Partida lenta, devido à pequena velocidade de crescimento das bactérias anaeróbias;
Sistema compacto, não é necessária uma grande área para a sua construção;	Pequena remoção de organismos patogênicos;
Suporta variações de carga orgânica e hidráulica;	Baixa capacidade de tolerar cargas tóxicas;
Eficiência de DBO e DQO entre 65% a 75%;	Geração de odor desagradável quando da geração de compostos com enxofre e gás sulfídrico;
Produção de energia na forma de gás metano;	Necessidade de pós tratamento para a remoção de DQO remanescente, amônia e outros compostos;
Pequena produção de lodo;	
Baixo requerimento de nutrientes;	
Baixo custo de implantação e operação	

A alimentação do reator pode ser parada por bastante tempo, sem perdas significativas de biomassa.

Fonte: CASEIRO, 2005

5. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Com o objetivo de enriquecer o presente trabalho, foi realizado um levantamento na literatura sobre os trabalhos que se utilizaram de reatores anaeróbios tipo UASB para o tratamento de esgotos domésticos. A pesquisa focou em artigos científicos apresentados nos últimos 5 anos.

Para isso, utilizou-se o método de revisão sistemática da literatura nas bases de dados Scielo, ASCE, BVS e Science Direct, entre os anos de 2013 e 2018.

Foi encontrada grande quantidade de variedade de trabalhos científicos nas referidas bases de dados. Com efeito exemplificativo, seguem 10 publicações apresentadas nos últimos 5 anos acerca do tema (tabela 2):

Tabela 2. Publicações que utilizaram reator UASB em tratamento de esgotos

TÍTULO	AUTOR	ANO	BASE DE DADOS
Avaliação de desempenho do processo A2 / O no tratamento de efluentes domésticos substituindo a unidade anaeróbica por UASB	M. A. Moharram, H. S. Abdelhalim, E. H. Rozaik	2015	Science Direct
Inicialização de reatores UASB tratando águas residuais municipais e efeito da temperatura / idade do lodo e tempo de retenção hidráulica (HRT) em seu desempenho	Hina Rizvi, Nasir Ahmad, Farhat Abbas, Iftikhar Hussain Bukhari, Abdullah Yasar, Shafaqat Ali, Tahira Yasmeen, Muhammad Riaz	2013	Science Direct
Presença de ovos de helmintos em águas residuárias domésticas e sua remoção em reatores UASB de baixa temperatura em altiplanos peruanos	Rosa-Elena Yaya-Beas, Erika-Alejandra Cadillo-La-Torre, Katarzyna Kujawa-Roeleveld, Jules B. van Lier, Grietje Zeeman	2015	Science Direct
Comunidade microbiana e comportamento do enxofre em reatores fototróficos tratando efluente UASB sob diferentes condições operacionais	Graziella Patrício PereiraGarcia, Renata Côrtes OliveiraDiniz, Sarah KinaipBicalho, VitorFranco, Alyne	2016	Science Direct

	DuartePereira, Emanuel FreireBrandt, ClaudiaEtchebehere, Carlos Augusto LemosChernicharo, Juliana Calábriade Araujo		
Perfil de lodo em cargas orgânicas variadas e avaliação de desempenho do reator UASB tratando de esgoto	Abid AliKhan, InduMehrotra, A.A.Kazmi	2014	Science Direct
A presença de fármacos nos esgotos domésticos e sua remoção pelos processos de lodo ativado com oxigênio puro, lagoa aerada e reator anaeróbio de fluxo ascendente	Guedes, Camila Delanesi	2017	BVS
Enriquecimento de microrganismos metanotróficos a partir de lodo de reator UASB tratando esgotos domésticos	Siniscalchi, Luciene Alves Batista; Vale, Isabel Campante Cardoso; Antunes, Jéssica Dell'Isola; Chernicharo, Carlos Augusto de Lemos; Araújo, Juliana Calábria de	2016	BVS
Remoção de alquilbenzeno linear sulfonato em esgoto doméstico tratado em reator UASB e lagoa de polimento	Jefferson H. Bonfim, Luiz Galdino da Silva, Sávia Gavazza, Lourdinha Florencio, Mario Takayuki Kato	2015	Scielo
Dimensionamento de um reator UASB para tratamento de efluentes domésticos e recuperação do biogás para produção energética: um estudo de caso em Pouso Alegre (MG)	<i>Agnelo Sebastião Lima Silveira Filho, Johson Herlich Roslee Mensah, Kalahan de Mello Battiston, Matheus Siqueira Barros, Ivan Felipe Silva Dos Santos</i>	2018	UFPR
Influência do projeto do separador de fases sobre o desempenho do reator uasb no tratamento de águas residuárias municipais	Adrianus van Haandel, Silvânia Lucas dos Santos, Sílvia Raphaele Morais Chaves, José Willams Nogueira da Costa	2015	Google Scholar

Fonte: autoria própria

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho realizou um apanhado geral acerca do estado atual das grandes cidades, no que diz respeito ao aumento populacional, objetivando identificar os problemas ambientais, mais especificamente aqueles relacionados a águas residuárias. Nesse ponto, explanou-se acerca dos métodos de biorremediação de águas residuárias em estações de tratamento de esgotos, mais especificamente os reatores anaeróbios UASB.

Utilizando-se como metodologia a pesquisa bibliográfica referida em bases científicas, buscou-se um maior esclarecimento sobre o tema. A análise dos dados foi totalmente embasada no referencial teórico, sustentando pela pesquisa bibliográfica.

Assim, ao longo da pesquisa, percebeu-se que, no Brasil, o saneamento e o esgotamento sanitário ainda são privilégios de poucos, sendo que a maior parte dos domicílios não conta com serviços de saneamento básico. Isso é extremamente deletério, tendo em vista que o não tratamento dos esgotos contribui para a proliferação de inúmeras doenças parasitárias e infecciosas além da degradação do respectivo corpo da água.

Muitos são os efeitos do lançamento de esgoto doméstico em corpos d'água, dentre eles, o consumo de O_2 , eutrofização dos mananciais, alteração de gosto e odor nas fontes de abastecimento de água, alteração da cor, turbidez, etc.

Assim, como maneira de tratar o problema, chega-se à biorremediação, um processo no qual se utiliza o metabolismo de microrganismos para a eliminação de poluentes, reduzindo-se assim sua concentração a níveis aceitáveis. Nesse ponto, deu-se enfoque aos reatores anaeróbios de manta de lodo, utilizados em estações de tratamento de esgotos para o tratamento de efluentes.

A partir de então, discorreu-se sobre reator UASB, o qual representa um avanço no tratamento de águas residuárias. Além disso, pontuou-se as vantagens e desvantagens de sua utilização, sendo que aquelas são mais numerosas, resumindo-se basicamente nas questões econômica e operacional.

Ainda, foi realizado um levantamento na literatura sobre os trabalhos que se utilizaram de reatores anaeróbios tipo UASB para o tratamento de esgotos domésticos. Foi encontrada grande quantidade e variedade de trabalhos acerca do assunto, o que

comprova o grande sucesso da utilização do reator UASB como peça importante na remediação de águas residuárias.

Por fim, como sugestão para estudos futuros, sugere-se a realização de visitas *in loco*, em estações de tratamento de esgoto, para se observar na prática o funcionamento dos reatores anaeróbios de manta de lodo tipo UASB.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ ROSARIO, Carlos Gonzalo. **Avaliação da disposição de lodo gerado numa estação de tratamento de água em reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo UASB**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2007. doi:10.11606/D.3.2007.tde-03072007-174940. Acesso em: 2018-02-23.

ANDRADE NETO, C.O. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ANDRADE NETO, C. O.; CAMPOS, J. R. (1999). Introdução. In: **Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. José Roberto Campos (coordenador). Rio de Janeiro: ABES - PROSAB. 464 p.

ANDRADE NETO, C O de. **Filtro Anaeróbio Aplicado ao Tratamento de Esgoto Sanitário**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande: UFCG, 2004.

ANDREOLI, C. V. Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

BONFIM, Jefferson H. *et al.* **Remoção de alquilbenzeno linear sulfonato em esgoto doméstico tratado em reator UASB e lagoa de polimento**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 397-406, June 2016.

BOOPATHY, R. **Fatores limitantes para a tecnologia de biorremediação**. Bioresource Tecnologia, V. 74, 2000, p. 64-67.

BENERJI, S.; WOOD, M.; FARRELLY, P. **Evaluation of Effective Microorganisms Wastewater Treatment Method for Use in a Solar Aquatic Facility in Bozeman, Montana, USA**. 2002. Disponível em: <<http://envismadrasuniv.org/pdf/Waste%20Water%20Treatment.pdf>>. Acesso em: 08 de novembro de 2017.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 313 p.

CAJARAVILLE MP, Bebianno JM, Blasco J, Porte C, Sarasquete C, Viarengo A. **The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach.** *Sci Total Environ* 2000; 247:295-311.

CAMPOS, J. R. *et al.* **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** PROSAB, Abes, 1999. Rio de Janeiro, 435 p.

CARVALHO, E. H. **Disposição dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto com decantação primária.** 2000. 224 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

CASEIRO, A. H. **Tratamento de esgoto sanitário e digestão de lodo aeróbio excedente em reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo (UASB).** 2005. 252 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CHERNICHARO, C.A.L. de. **Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte: Polyécnica, 1997. 246 p.

COSTA, T. C. C.; HENEIDE, M. S.; RIBEIRO, P. E. A. **Operação, monitoramento e manutenção de tratamento de esgotos na Embrapa Milho e Sorgo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 24 p.

DAMIANOVIC, M.H.R.Z. **Estudo do efeito de nutrientes no desempenho de reatores de manta de lodo em escala de bancada alimentados com efluente de processamento de milho. Dissertação (Mestrado)** - Escola de Engenharia de São Carlos, 1992. Universidade de São Paulo.

DAMIANOVIC, M. H. R. Z.; FORESTI, E. **Anaerobic degradation of synthetic wastwaters at different levels of sulfate and COD/Sulfate ratios in horizontal-flow anaerobic reactors (HAIB).** *Environmental Engineering Science*, v. 24, n. 3, 2007. p. 383-393.

DARTORA, V.; PERDOMO, C.C. TUMEERO, I.L. **Manejo de dejetos suínos.** Boletim informativo Embrapa, CNPSA, 31p., Concórdia, 1998.

FORESTI, E.; FLORÊNCIO, L.; VAN HAANDEL, A.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P. F. F. Fundamentos do tratamento anaeróbio. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** Rio de Janeiro: ABES, 1999. Cap. 2, p. 29-52.

GARCIA, G. P. P.; DINIZ, R. C. O.; BICALHO, S. K.; FRANCO, V.; PEREIRA, A. D.; BRANDT, E. F.; ETCHEBEHERE, C.; CHERNICHARO, C. A. L.; ARAUJO, J. C. **Microbial community and sulphur behaviour in phototrophic reactors treating UASB effluent under different operational conditions**. *International Biodeterioration & Biodegradation*, Volume 119, 2017, p. 486-498.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa** (5th ed.). São Paulo: Atlas, 2010.

GODOI, L. A. **Interferência da sulfetogênese na produção de metano a partir de águas residuárias ricas em carboidratos**. Dissertação (Mestrado) São Carlos, 2014. 124 p.

HIRATA, A. Y; TSUTUYA, M. T.. **Aproveitamento e Disposição Final de Lodos de Estação de Tratamento de Água do Estado de São Paulo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2001, João Pessoa. Anais. João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-ROM.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População Brasileira**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 08/11/2017.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Coleta de Esgoto**. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil>>. Acesso em 08 de novembro de 2017.

KHAN, A. A.; MEHROTRA, I.; KAZMI, A.A. **Sludge profiling at varied organic loadings and performance evaluation of UASB reactor treating sewage**. *Biosystems Engineering*, Volume 131, 2015, p. 32-40.

KUNZ, A.; ZAMORA, P. P. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. *Química Nova*, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

LETTINGA, G. & Hulshoff Pol, L.W. (1991): UASB Process design for various types of wastewaters. *Water Science and Technology*, 24: 87-107.

LOBO, Luiz. **Saneamento Básico: Em Busca da Universalização**. Editora do Autor, 2003. 228 p.

MCCARTY, P.L. (1982). **One Hundred Years of Anaerobic Treatment**. In: *Anaerobic Digestion 1981*. Hugges et al. Eds. Elsevier Biomedical Press B. V.

MATA-ALVAREZ, J.; MACÉ, S.; LLABRÉS, P. **Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives.** Bioresource Technology , v. 74, p. 3-16, 2000.

MENSAH, Johnson & Filho, Agnelo & De Mello Battiston, Kalahan & Siqueira Barros, Matheus & Santos, Ivan. (2018). **Dimensionamento de um Reator UASB para Tratamento de Efluentes domésticos e recuperação do biogás para produção energética: Um estudo de caso em Pouso Alegre (MG).** Revista Brasileira de Energia Renováveis. 10.5380/rber.v6i1.57970.

MOHARRAM, M.A.; ABDELHALIM H.S.; ROZAIK, E.H. **Performance appraisal of the A2/O process in domestic wastewater treatment replacing the anaerobic unit with UASB.** HBRC Journal, Volume 13, 2017, p. 98-105.

OLIVA, L.C.H.V (1997). **Tratamento de Esgotos Sanitários com Reator Anaeróbio de Manta de Lodo Protótipo: Desempenho e Respostas Dinâmicas a Sobrecargas Hidráulicas.** Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São carlos, Universidade de São Paulo.

RIZVI, H.; AHMAD, N.; ABBAS, F.; BUKHARI, I. H.; YASAR, A.; ALI, S.; YASMEEN, T.; Riaz, M. **Start-up of UASB reactors treating municipal wastewater and effect of temperature/sludge age and hydraulic retention time (HRT) on its performance.** Arabian Journal of Chemistry, Volume 8, 2015, p. 780-786.

ROSÁRIO, C. G. A. **Avaliação da disposição de lodo gerado numa estação de tratamento de água em reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo (UASB).** Ed. rev. São Paulo, 2007. 236 p.

SAIANI, C. C. S. **Déficit de acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil.** Prêmio IPEA-CAIXA 2006, Brasília, 2006.

SINISCALCHI, Luciene Alves Batista *et al.* **Enriquecimento de microrganismos metanotróficos a partir de lodo de reator UASB tratando esgotos domésticos.** Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro , v. 21, n. 1, p. 109-122, Mar. 2016.

SOUZA, Marcos Eduardo de. **Fatores que influenciam na digestão anaeróbia.** Revista DAE, v. 4, n. 137, p.8/94, jun. 1984.

SPEECE, R. E. Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment. **Environmental Science and Technology**, v. 17, n. 9, p. 416A- 27A, 1983.

VAN HAANDEL, A. C., Lettinga, G. (1994). **Tratamento Anaeróbio de Esgotos: Um Manual para Regiões de Clima Quente**, Epgraf, Campina Grande, 240 p.

VAN HAANDEL, A. C., *et al.* **Influência do projeto do separador de fases sobre o desempenho do reator UASB no tratamento de águas residuárias municipais.** Revista DAE, setembro, 2015, 12 p.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos - Princípios de Tratamento Biológico de águas Residuárias.** Vol. 2. Belo Horizonte: DESA-UFMG. 1996.

YAYA-BEAS, R. E.; CADILLO-LA-TORRE, E. A.; KUJAWA-ROELEVELD, K.; VAN LIER, J. B.; ZEEMAN, G. **Presence of helminth eggs in domestic wastewater and its removal at low temperature UASB reactors in Peruvian highlands**, Water Research, Volume 90, 2016, p. 286-293.

YAKUBU, M. B. **Biological approach to oil spills remediation in the soil.** African Journal of Biotechnology, Nigeria, v. 6, n. 24, p. 2735-2739, Dec. 2007.

YOUNG, J.C.; McCARTY, P.L. (1969). **The Anaerobic Filter for Waste Treatment.** *Journal Wat. Poll. Cont. Fed.* 41, R160-R165.