



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

MARIANA LOPES DE MENEZES

**DESTINO DO CHORUME DE ATERRO SANITÁRIO: ESTUDO DE CASO DO
MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Uberlândia

2017

MARIANA LOPES DE MENEZES

**DESTINO DO CHORUME DE ATERRO SANITÁRIO: ESTUDO DE CASO DO
MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia como
exigência para obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof. Dra. Sueli Moura Bertolino

Uberlândia
2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter concedido saúde, força e coragem para enfrentar as dificuldades e chegar até aqui. Aos meus pais e irmão pelo amor incondicional, por terem me apoiado desde o momento em que escolhi o curso e por terem paciência nos momentos de tensão e dificuldades. A esta universidade, por ajudarem na formação do caráter e afetividade, contribuindo para o processo de formação profissional. A minha orientadora Prof. Dra. Sueli Moura Bertolino, pela orientação a este trabalho. Por fim, a todos que indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

A decomposição dos resíduos orgânicos produz um líquido que se não tratado adequadamente pode provocar alterações nas características físicas e químicas do local onde é disposto/lançado. Uma das formas adotadas para destinação desse efluente são as estações de tratamento de esgotos – ETE, como é o caso da cidade de Uberlândia. Desse modo, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar se as características físicas e químicas do chorume, tem o potencial de prejudicar a eficiência do sistema de tratamento realizado em uma ETE. A metodologia deste trabalho consistiu no método qualitativo descritivo sendo pesquisa de campo e coleta de informações na empresa Limpebrás Engenharia Ambiental e ETE Uberabinha, através de entrevistas, observações e análise documental. Utilizou-se das referências descritas no PROSAB para comparar as características presentes no chorume gerado no aterro sanitário de Uberlândia com outros aterros sanitários no Brasil bem como busca de dados na literatura. Concluiu-se que a adição de chorume tem consequências no tratamento biológico das estações de tratamento de esgoto urbano, podendo comprometer a eficiência do sistema. Os parâmetros zinco total, surfactantes, DBO e DQO ficaram acima do estabelecido pelo PREMEND e para o tratamento combinado de lixiviado e esgoto doméstico em reator UASB, pode ser necessário que o efluente seja submetido a um processo de pré-tratamento.

Palavras-Chave: Chorume, Aterro Sanitário, Estação de Tratamento de Esgoto, Uberlândia.

ABSTRACT

The decomposition of organic waste produces a liquid that if not properly treated can cause changes in the physical and chemical characteristics of the place where it is disposed / released. One of the adopted ways to destine this effluent are the sewage treatment plants (STP), as is the case of the city of Uberlândia. Thus, the main objective of this work was to evaluate if the physical and chemical characteristics of the slurry have the potential to impair the efficiency of the treatment system performed in a STP. The methodology of this work consisted in the descriptive qualitative method being field research and information collection in the company Limpebrás Engenharia Ambiental and ETE Uberabinha, through interviews, observations and documentary analysis. The references described in the PROSAB were used to compare the characteristics present in the manure generated in the landfill of Uberlândia with other landfills in Brazil as well as data search in the literature. It is concluded that the addition of slurry has consequences in the biological treatment of urban sewage treatment plants, which may compromise the efficiency of the system. The parameters total zinc, surfactants, BOD and COD were above that established by PREMEND and for the combined treatment of leachate and domestic sewage in UASB reactor, it may be necessary that the effluent be submitted to a pretreatment process.

Keywords: Leachate, Landfills, sewage treatment station, Uberlândia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Decomposição da matéria orgânica na fase anaeróbia	13
Figura 2	Fases da geração de gases em aterros sanitários	14
Figura 3	Foto do Aterro Sanitário de Uberlândia	19
Figura 4	Localização ETE e Aterro Sanitário	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do chorume de acordo com as alterações de idade e composição.	15
Tabela 2 – Parâmetros encontrados em aterros sanitários brasileiros.	16
Tabela 3 – Parâmetros e limites para lançamento de efluentes não domésticos na rede pública coletora de esgotos.	18
Tabela 4 – Parâmetros que compõem o chorume no Brasil e as principais concentrações médias esgoto doméstico brasileiro para tratamento biológico em reator UASB.	21
Tabela 5 – Padrões de lançamento de efluente estabelecido pelo PREMEND e utilizado para comparação com as características do chorume.	24
Tabela 6 - Dados de monitoramento referente ao último ano de vigência da LO – RADA, 2010.	26
Tabela 7 – Comparação entre parâmetros de chorume do aterro sanitário de Uberlândia, PROSAB e os limites permitidos pelo PREMEND.	27
Tabela 8 – Comparação da composição de chorume dos principais aterros brasileiros com os laudos fornecidos pela empresa Limpebrás dos anos de 2014 e 2015.	28
Tabela 9 – Comparação dos resultados de DA SILVA (2016) e o PREMEND.	29
Tabela 10 – Análise das características do chorume de Uberlândia de acordo com FOO; HAMEED, 2009.	30
Tabela 11 - Carga orgânica volumétrica da ETE Uberabinha.	30

LISTA DE ABREVIACÕES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
COV	Carga Orgânica Volumétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DMAE	Departamento de Água e Esgoto
DN	Deliberação Normativa
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LO	Licença de Operação
NT	Nota Técnica
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PREMEND	Programa de Recebimento e Monitoramento de Efluentes Não domésticos de Uberlândia
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
RADA	Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental
RAFA	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
SUPRAM	Superintendência Regional do Meio Ambiente
TDH	Tempo de Detenção Hidráulico
UASB	“Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors”
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba

LISTA DE SÍMBOLOS

O ₂	Oxigênio
CO ₂	Dióxido de Carbono
CH ₄	Metano
H ₂	Hidrogênio
N ₂	Nitrogênio
mg	Miligramas (Unidade de Medida)
µg	Microgramas (Unidade de Medida)
µS	Micro Siemens (Unidade de Medida)
Ni	Níquel
Pb	Chumbo
Cu	Cobre
Mn	Manganês
Cr	Cromo
Cd	Cádmio
Zn	Zinco
Fe	Ferro
L	Litro (Unidade de Medida)
L s ⁻¹	Litro por segundo (Unidade de Medida)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Decomposição de resíduos em aterro sanitário.	12
1.2 Chorume	14
1.3 Legislações Associadas	17
1.4 Área de estudo	19
1.5 Objetivo Geral	22
1.6 Objetivos Específicos.....	22
2. METODOLOGIA	24
2.1 Caracterização da geração de chorume do aterro sanitário de Uberlândia.	24
2.2 Comparação com dados reportados na literatura científica.....	24
2.3 Cálculo da Carga Orgânica volumétrica	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
4. CONCLUSÃO	32
5. CONTRIBUIÇÕES AO CONHECIMENTO	32
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	33
REFERÊNCIAS.....	34
APENDICE A – Roteiro para Entrevista e Observações.....	38
APENDICE B - Cálculo da carga orgânica volumétrica da ETE Uberabinha.....	40

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos que antes eram de fácil decomposição e de caráter predominante orgânico, passaram a conter materiais perigosos (especialmente produtos químicos) e não biodegradáveis, com o surgimento de novos produtos utilizando avanços da ciência e da tecnologia (RODRIGUES, 2004). Com isso, surgiram problemas como a poluição causada pelo descarte inadequado dos resíduos gerados.

Atualmente, diversos setores da sociedade têm tomado consciência da pressão que o acúmulo inadequado de resíduos pode exercer sobre o meio ambiente (GIANNETTI; ALMEIDA, 2006). Embora esta situação venha tomando novos rumos nos últimos 20 anos, o cenário ainda é delicado. De acordo com o panorama dos resíduos sólidos no Brasil (2014), feito pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), a porcentagem de resíduos encaminhados para aterros sanitários praticamente não mudou nos últimos anos sendo de 57,6%, em 2010 e 58,4% em 2014. Mas, em contrapartida, as quantidades destinadas inadequadamente elevaram-se e chegaram a cerca de 30 milhões de toneladas por ano, em 2014. Esse cenário entra em contradição com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída em 2010 com objetivo de não gerar, reduzir, reutilizar, reciclar e tratar dos resíduos sólidos, bem como dar a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos através de instrumentos como os planos de resíduos sólidos nacionais, estaduais e municipais (BRASIL, 2010).

Com a mesma intenção da PNRS, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, apresentado em sua versão preliminar em 2012, têm como diretrizes eliminar os lixões e aterros controlados e promover disposição final ambientalmente adequada em aterros sanitários. Isso porque a disposição em aterro sanitário, além de possuir vantagens econômicas, minimiza impactos ambientais e outros inconvenientes, e permite que os resíduos se decomponham em condições controladas até a sua transformação em relativamente inerte e material estabilizado (RENOU et al., 2008).

1.1 Decomposição de resíduos em aterro sanitário.

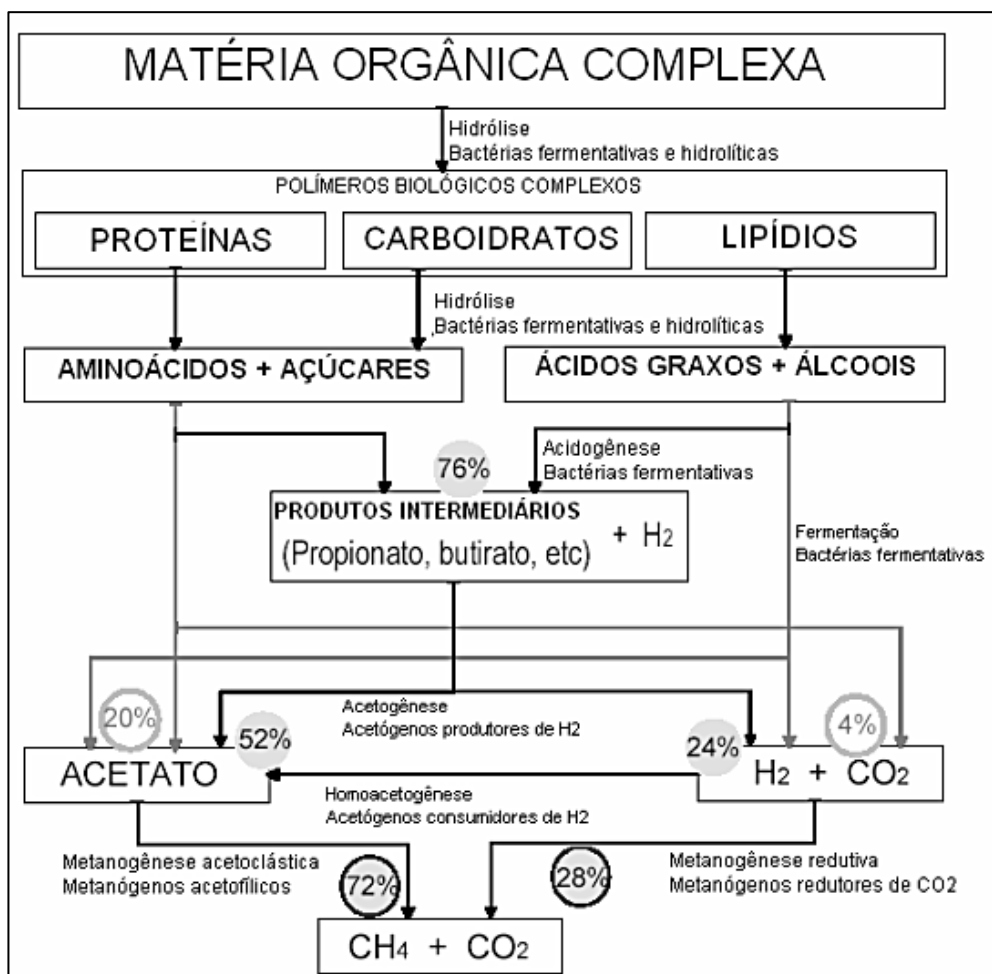
A mecânica de um aterro sanitário pode ser comparada a um reator biológico no qual as principais entradas são resíduos e água e as principais saídas são gases e chorume (BORBA, 2006). Ao depositar resíduos em aterros, o processo de decomposição do lixo se dá em três fases: a aeróbia, a acetogênica e, por último, a metanogênica (RODRIGUES, 2004).

Durante a fase inicial aeróbia, o oxigênio (O_2) presente entre o lixo depositado é rapidamente consumido, o que resulta na produção de dióxido de carbono e aumento da temperatura. Esta fase é curta, pois o oxigênio não é reabastecido já que o lixo é coberto (KJELDSEN et al., 2002). Além disso, o contato com a água da chuva nesta fase, permite o remanejamento de nutrientes e microrganismos por entre o lixo depositado nas camadas do aterro sanitário (BARLAZ et al., 1990; KJELDSEN et al., 2002 apud MORAIS, 2005).

A fase acetogênica começa assim que o oxigênio começa a diminuir, predominando microrganismos anaeróbios facultativos, ou seja, aqueles que podem ou não utilizar o oxigênio em seu metabolismo, dando origem a um acúmulo de ácidos carboxílicos com consequente queda no pH. Nesta fase serão encontradas altas concentrações de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio), sendo a razão DBO/DQO relatada como sendo acima de 0,4 ou 0,7 (Barlaz e Ham, 1993; Reinhart e Grosh, 1998; Ehrig, 1988; Robinson, 1995 apud KJELDSEN et al., 2002), indicando que grande parte da carga orgânica pode decompor-se facilmente (EHRIG, 1992). Durante a fase acetogênica, que pode durar alguns anos, são produzidos compostos orgânicos simples e de alta solubilidade, principalmente ácidos graxos voláteis (produtos intermediários), como o ácido acético e também amônia (RODRIGUES, 2004). Na fase final, os compostos orgânicos formados anteriormente começam a ser consumidos por microrganismos estritamente anaeróbios, produzindo uma quantidade considerável de metano (CH_4) e CO_2 , pelos chamados microrganismos metanogênicos. Com o consumo dos ácidos voláteis, o valor do pH volta a subir, favorecendo o aparecimento desses organismos que desenvolvem-se preferencialmente em meios com pH próximo ao neutro (7,0). A razão DBO/DQO tende a diminuir (KJELDSEN et al., 2002) para valores menores que 0,1, indicando que a matéria orgânica mais complexa tem dificuldade em degradar (EHRIG, 1992). Nesta fase, a atividade biológica é intensa

(MORAIS, 2005) e são produzidas espécies muito mais recalcitrantes do que as produzidas nas fases preliminares de decomposição (PACHECO; PERALTA-ZAMORA, 2004). A decomposição detalhada da matéria orgânica na fase anaeróbia é descrita na Figura 1.

Figura 1 – Decomposição da matéria orgânica na fase anaeróbia

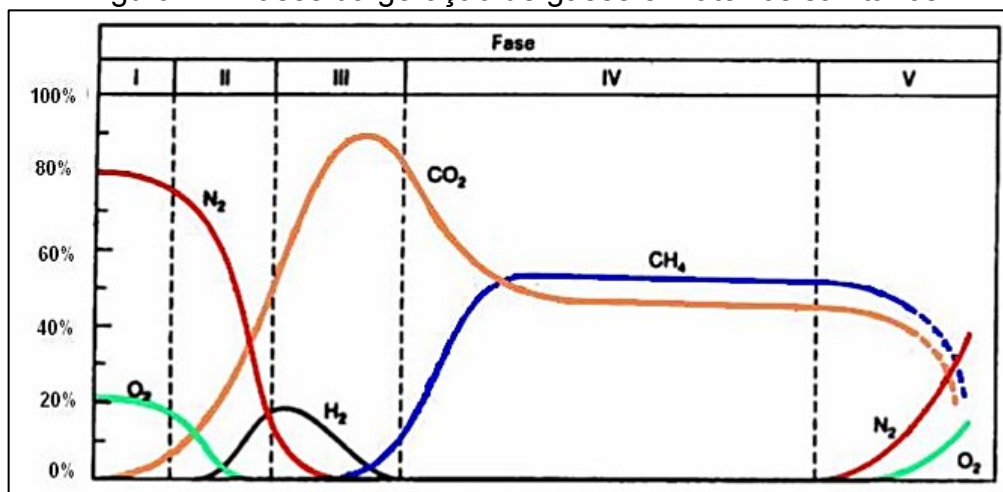


Fonte: LOBO, 2003

A geração de gases em um aterro sanitário é descrita por Tchobanoglous et al (1994) apud Borba (2006), sendo dividida em cinco fases (Figura 2), de acordo com o tipo de metabolismo em que cada fase se encontra. Na fase I, ocorre preferencialmente degradação aeróbia predominando gases como nitrogênio (N₂ e oxigênio (O₂), fase II de transição em que os níveis de O₂ e N₂ decaem, fase III predominantemente ácida (acetogênica), na qual começa a produção de CO₂, fase IV metanogênica com produção de CH₄ e decaimento e estabilização dos níveis de CO₂ e por fim, a fase V na qual a taxa de geração do gás diminui já que a maioria

dos nutrientes foram consumidos nas fases anteriores e os substratos que restam são de deterioração lenta (BORBA, 2006).

Figura 2 – Fases da geração de gases em aterros sanitários



Fonte: (TCHBANOGLOUS; THESSSEN; VIGIL, 1994)

1.2 Chorume

Assim, ao destinar corretamente o lixo em aterros sanitários, é preciso se preocupar com outra questão: a produção de chorume. Por ser um composto orgânico e mineral solúvel formado quando a água se infiltra nas camadas de lixo, extraindo contaminantes e instigando uma complexa interação entre as reações hidrológicas e biogeoquímicas (FOO; HAMEED, 2009), o chorume apresenta alto índice de poluição e toxicidade (PACHECO; PERALTA-ZAMORA, 2004). Possui grande diferença no que se refere à composição química, que, por sua vez, depende de fatores como o tipo de resíduo depositado (RODRIGUES, 2004), a idade do aterro, as condições geológicas e eventos climáticos distintos (SILVA, 2002). Essas variações fazem com que parâmetros como DQO, DBO e pH mudem de um aterro para outro e até mesmo no mesmo aterro numa evolução temporal (RODRIGUES, 2004).

Nesse processo de decomposição, no qual a composição média do chorume recebida na base do aterro, pode conter quatro grupos de poluentes: a matéria orgânica dissolvida, macro componentes inorgânicos, metais pesados e compostos orgânicos tóxicos ao meio ambiente (KJELDSEN et al., 2002).

Além disso, FOO; HAMEED, (2009) descreve que a idade do aterro sanitário é critério de classificação sendo, novo (inferior a 5 anos), intermediário (5-10 anos) e velho (mais de 10 anos). A composição do chorume se difere, dependendo do tempo de vida do aterro (BAIG et al. apud RENOUE et al., 2008). Assim, parâmetros como DQO, DBO, razão DBO/ DQO e pH diferem-se com o tempo, como apresentado na Tabela 1. Além da carga orgânica, a concentração de nitrogênio amoniacal contida no chorume é uma preocupação ambiental, podendo atrapalhar as unidades de tratamento biológico de lixiviados, devido à sua toxicidade (FERNANDES et al., 2015). Sendo assim os principais parâmetros medidos em aterros sanitários incluem DBO, DQO, amônia, nitratos, nitrogênio total, sólidos suspensos, metais pesados e sais inorgânicos solúveis (ABD EL-SALAM; I. ABU-ZUID, 2015). O parâmetro pH contribui para caracterização do chorume, uma vez que valores abaixo de 6,0 indicam uma faixa de acidez e entre 6,0 e 8,5 apontam a faixa de metanogênese (GOMES, 2005).

Tabela 1 - Classificação do chorume de acordo com as alterações de idade e composição.

Tipo de Chorume	Novo	Intermediário	Estabilizado
Idade	< 5	5 á 10	> 10
pH	<6,5	6,5 -7,5	>7,5
DQO (mg/L)	>10.000	4.000–10.000	< 4.000
DBO/DQO	0,5 - 1,0	0,1 - 0,5	< 0,1
Compostos Orgânicos	80% de ácidos graxos voláteis	5 -30% de ácidos graxos voláteis + ácidos húmicos e fúlvicos	Ácidos húmicos e fúlvicos
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	< 400	N.S	> 400

N.S = Não se aplica.

Fonte: FOO & HAMEED, 2009

De acordo com o Projeto de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB, 2009, os parâmetros de um aterro sanitário brasileiro variam, em média, de acordo com a Tabela 2. Os dados apresentados são baseados na frequência de ocorrência dos valores mais prováveis e são um indicativo das possíveis variações encontradas no chorume para diferentes aterros no Brasil (GOMES et al., 2009).

Tabela 2 – Parâmetros encontrados em aterros sanitários brasileiros.

Parâmetro	Faixa mais provável
pH	7,2 – 8,6
Alcalinidade total (<i>mg/L de CaCO₃</i>)	750 – 7100
Dureza (<i>mg/L de CaCO₃</i>)	95 – 2100
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	2950 – 17660
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ (<i>mg/L de O₂</i>)	<20 – 8600
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	190 – 22300
Óleos Graxas (<i>mg/L</i>)	10 – 170
N-amoniacal (<i>mg/L de N</i>)	0,4 - 1800
N-orgânico (<i>mg/L de N</i>)	400 - 1200
N-Nitrito (<i>mg/L de N</i>)	0 – 15
N-Nitrato (<i>mg/L de N</i>)	0 - 3,5
Fósforo total (<i>mg/L</i>)	0,1 - 15
Cloretos (<i>mg/L</i>)	150 - 4500
Sulfatos (<i>mg/L</i>)	8 - 7750,00
Sulfeto (<i>mg/L</i>)	0 -10
Sólidos totais (<i>mg/L</i>)	3200 – 14400
Sólidos totais fixos (<i>mg/L</i>)	630 - 5000
Sólidos totais voláteis (<i>mg/L</i>)	2100 - 8300
Sólidos suspensos totais (<i>mg/L</i>)	5 – 700
Sólidos suspensos voláteis (<i>mg/L</i>)	5 -200
Ferro (<i>mg/L</i>)	0,01 - 65
Manganês (<i>mg/L</i>)	0,04 – 2,0
Cádmio	0 – 0,065
Cromo	0,003 - 0,5
Cobre	0,05 – 0,15
Chumbo	0,01 – 0,5
Zinco	0,01 – 1,5

Fonte: adaptado SOUTO; POVINELLI (2007) apud GOMES et al., 2009

ABD EL-SALAM; I. ABU-ZUID, (2015) afirmam que em relação aos metais pesados níquel (Ni), chumbo (Pb), cobre (Cu), manganês (Mn), cromo (Cr), cádmio (Cd), zinco (Zn) e ferro (Fe) possuem alta disponibilidade no percolado de aterro.

A caracterização química do chorume se assemelha a um efluente industrial e portanto, pode contaminar o solo e as águas, superficiais e subterrâneas, se não devidamente tratado (AHMED; LAN, 2012), sendo assim os aterros necessitam de um rigoroso monitoramento durante a concepção, operação e após um longo período depois da desativação. Os impactos do chorume no meio ambiente são diversos incluindo a contaminação do ar, água e solo, além da proliferação de vetores (SISINNO; MOREIRA, 1996). Por possuir grandes quantidades de poluentes orgânicos e inorgânicos quando em contato com o solo e águas subterrâneas, pode transformar suas características físicas, químicas e biológicas (LEITE; BERNARDES; OLIVEIRA, 2004). A matéria orgânica presente no lixiviado tem grande importância na complexação e transporte de metais pesados e na retenção de contaminantes orgânicos. Além disso a matéria orgânica natural presente no solo, pode aumentar a concentração de constituintes do chorume na solução do solo e logo, nas águas. De tal modo, o chorume pode tornar recursos naturais como solo e águas subterrâneas e superficiais inviáveis para consumo humano (SISINNO; MOREIRA, 1996; LEITE; BERNARDES; OLIVEIRA, 2004) alterando os padrões de potabilidade da água dispostos na Portaria MS nº 2914/2011. Portanto, o chorume deve ser tratado para que possa ser lançado em corpo receptor, de acordo com a norma CONAMA 430/2011 .

1.3 Legislações Associadas

Além das legislações citadas acima, há diversas regulamentações sobre a disposição de resíduos sólidos urbanos bem como manejo adequado e tratamentos destes resíduos. O município deve estabelecer um plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, bem como coletar e dispor corretamente estes resíduos (Art. 18. Lei 12.305/2010). A instalação de um aterro sanitário deve ser criteriosa e o projeto regido pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 8419/1992 e NBR 13896/1997. Além de toda a infraestrutura, o projeto de aterro sanitário deve, conter a instalação de rede de drenagem para o percolado e para os gases gerados nas células. Os gases devem ser tratados ou aproveitados como fonte de energia, para minimizar a contaminação do meio ambiente. Os efluentes gerados no aterro sanitário podem ser tratados por terceiros, encaminhando-o, por exemplo, para uma Estação de Tratamento de

Esgotos - ETE, devidamente licenciada, conforme acordo firmado entre os empreendedores do aterro e da ETE (FEAM, 2006). Ao final do tratamento, o chorume é lançado juntamente com o esgoto tratado em águas superficiais. Entretanto, uma vez que não se conhece as características dos compostos presentes no lixiviado, não há como prever se este tratamento é efetivo (DO NASCIMENTO FILHO; VON MÜHLEN; CARAMÃO, 2001).

É interessante destacar também o Programa de Recebimento e Monitoramento de Efluentes Não domésticos de Uberlândia (PREMEND), instituído pelo Decreto Municipal N° 13.481, de 22 de junho de 2012, destinado às pessoas físicas e jurídicas instaladas no Município de Uberlândia que produzem e lançam efluentes não domésticos no Sistema público de Esgoto. O Art. 2° dispõe que deverão ser obedecidos padrões estabelecidos pelo anexo que integra o decreto para lançamento de efluentes não domésticos. No Art. 10°, seção II, fica estabelecido que os efluentes líquidos que apresentarem parâmetros fora dos limites estabelecidos deverão ser tratados antes de serem lançados na rede pública coletora de esgoto. No anexo III deste decreto, define-se efluentes não domésticos como “despejo líquido resultante de atividades produtivas ou de processo de indústria, de comércio ou prestação de serviço, com características físico-químicas distintas do esgoto doméstico” (UBERLÂNDIA, 2012). Os principais parâmetros referenciados pelo PREMEND estão listados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros e limites para lançamento de efluentes não domésticos na rede pública coletora de esgotos.

Parâmetro	Unidade de Medida	Limite Permitido
pH	-	6 a 10
Temperatura	°C	40
Cádmio total	mg/L	1,5
Chumbo total	mg/L	1,5
Cobre total	mg/L	1,5
Níquel total	mg/L	2
Cromo total	mg/L	5
Zinco total	mg/L	5
Amônia	mg/L	100
Sulfato	mg/L	1000
Surfactantes (MBAS)	mg/L	5
DBO (*)	mg/L	350
DQO (*)	mg/L	600
Sólidos totais (*)	mg/L	1200

Sólidos Suspenstos totais (*)	mg/L	450
Sólidos Dissolvidos Totais (*)	mg/L	750

*Conforme item 4.4 da ABNT/NBR 9800

Fonte: adaptado UBERLÂNDIA, 2012.

1.4 Área de estudo

O Aterro Sanitário de Uberlândia (Figura 3) está situado no Setor Oeste do Município, próximo ao trevo da Avenida José Andraus Gassani com o Anel Viário - Setor Oeste. A empresa responsável pelo gerenciamento do aterro sanitário é a Limpebras Engenharia Ambiental. O empreendimento começou suas atividades no ano de 1995, com sua primeira unidade, atualmente desativada e iniciou em 2010 a unidade II. Atualmente recebe cerca de 15.000 toneladas de resíduos por mês e possui impermeabilização da base, cobertura diária dos resíduos, drenagem de águas pluviais e drenagem de chorume e gases. Dentre suas atividades destaca-se o monitoramento ambiental através da aplicação de parâmetros e análises químicas para o controle da qualidade das águas subterrâneas e superficiais, da emissão de ruídos entre outros (LIMPEBRAS ENGENHARIA AMBIENTAL, 2016).

Figura 3 – Foto do Aterro Sanitário de Uberlândia.



Fonte: Site Limpebrás Engenharia Ambiental

De acordo com o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) realizado para a implantação do segundo aterro sanitário de Uberlândia, o projeto não prevê a implantação de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) para o empreendimento, já que o município possui uma ETE operada pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) instalada logo à jusante do aterro sanitário (Figura 4), com competência para receber e tratar os efluentes/percolados/esgotos domésticos gerados no empreendimento em questão (NOVO MEIO ENGENHARIA & CONSULTORIA LTDA, 2009).

Figura 4 – Localização ETE e Aterro Sanitário.



Fonte: Google Earth, 2017.

O tratamento ocorrido na ETE é trifásico. Na primeira etapa, o esgoto que chega à estação passa por grades grossas, grades finas mecanizadas, desarenadores mecanizados e medidor de vazão, que ocasiona a remoção de sólidos grosseiros e areia que chegam a estação juntamente com o esgoto afluente. Na segunda fase do tratamento, os Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (RAFA) agem reduzindo a carga orgânica contida nos esgotos, transformando-a em lodo digerido e biogás. Cada reator possui volume de 5.400 m³ com eficiência de projeto de 70% de remoção de carga orgânica. Com a ampliação, quatorze reatores constituídos de aço com revestimento epóxi estão instalados na estação. Ainda nesta etapa, parte da água contida no lodo digerido formado nos reatores é retirada,

reduzindo assim o teor de umidade do mesmo para facilitar o seu transporte para o destino final. Atualmente, este lodo desidratado é enviado ao aterro sanitário. A última etapa do tratamento consiste de um canal FlotFlux® baseado na aplicação sequencial e em fluxo das técnicas de floculação e flotação, através de coagulantes e floculantes, respectivamente (DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE UBERLÂNDIA, [s.d.]).

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, microrganismos entre outros (VON SPERLING, 2005). O chorume é composto de uma mistura de substâncias orgânicas e inorgânicas, compostos em solução e em estado coloidal e diversas espécies de microrganismos (ANDRADE 2002 apud PROSAB, 2009). A Tabela 4 ilustra os principais parâmetros que compõem o chorume no Brasil e as principais concentrações médias de efluentes para tratamento biológico em reator UASB.

Tabela 4 – Parâmetros que compõem o chorume no Brasil e as principais concentrações médias esgoto doméstico brasileiro para tratamento biológico em reator UASB.

Parâmetro	Unidade	Faixa de Concentração	
		Chorume no Brasil	Esgoto doméstico no Brasil
pH	-	7,2 - 8,6	6,5 – 8,0
DBO	mg/L de O ₂	<20 - 8600	70 - 100
DQO	mg/L de O ₂	190 - 22300	180 - 270
N - amoniacal	mg/L de N	0,4 - 1800	>15
P - Total	mg/L	0,1 - 15	>4
Sólidos suspensos totais	mg/L	5 - 700	60 - 100

Fonte: adaptado GOMES et al, 2009; VON SPERLING, 2005.

Considerando que o chorume pode possuir características físico-químicas semelhantes a efluentes industriais, carga orgânica elevada e risco de conter substâncias tóxicas ao meio ambiente (LEITE; BERNARDES; OLIVEIRA, 2004), o lançamento deste nas estações de tratamento de esgotos domésticos, principalmente por processos biológicos, pode comprometer a eficiência do sistema, o que acarretaria em não atendimento às legislações pertinentes.

Muitos compostos orgânicos podem ser degradados pela via anaeróbia, mas o processo é mais eficiente e econômico quando há substâncias facilmente degradáveis. As bactérias que realizam a degradação podem ser inibidas por vários compostos e além disso, esses reatores UASB geralmente são pouco eficientes na remoção de nitrogênio e fósforo e seus efluentes apresentam altos valores de DBO e sólidos suspensos, podendo necessitar de tratamento complementar (CHERNICHARO, 1997, SANTOS, et al., 2003 apud SILVA, 2011). Entretanto, o tratamento do chorume feito por uma ETE pode não ser eficaz, ocorrendo apenas uma diluição do mesmo.

Durante anos, os tratamentos biológicos convencionais e os métodos físico-químicos clássicos, como filtros anaeróbios, lodos ativados e coagulação química, vêm sendo avaliados como as tecnologias mais adequadas para a manipulação e gestão de efluentes de alta carga como chorume (RENOU et al., 2008). Porém, novos tratamentos, como por exemplo, reatores de membrana, estão sendo avaliados quanto ao custo benefício e eficiência (FERNANDES et al., 2015).

1.5 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é avaliar se características físicas e químicas do chorume tem o potencial de prejudicar a eficiência do sistema de tratamento realizado em uma ETE.

1.6 Objetivos Específicos

Comparar as características do chorume com o Programa de Recebimento e Monitoramento de Efluentes Não Domésticos do Município de Uberlândia (PREMEND).

Comparar os parâmetros de um esgoto doméstico típico para tratamento por processo biológico e as características do chorume.

Comparar as características presentes no chorume gerado no aterro sanitário de Uberlândia com outros aterros sanitários no Brasil.

Calcular a carga orgânica volumétrica lançada na ETE de Uberlândia.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da geração de chorume do aterro sanitário de Uberlândia.

Para obter as informações necessárias para o desenvolvimento deste estudo utilizou-se o método qualitativo descritivo o qual consistiu na aplicação de um roteiro e questionário pré-definidos para a pesquisa de campo (Apêndice A).

Os laudos da caracterização dos parâmetros físico-químicos do chorume foram solicitados formalmente pela empresa Limpebrás Engenharia Ambiental.

2.2 Comparação com dados reportados na literatura científica

O chorume pode ser classificado com um efluente não doméstico, portanto suas características físico-químicas foram comparadas com os padrões estabelecidos pelo Programa de Recebimento de Efluentes Não Domésticos do Município de Uberlândia – PREMEND. O PREMEND é destinado a pessoas físicas e jurídicas instaladas no Município de Uberlândia que produzem e lançam efluentes não domésticos no Sistema Público de Esgoto. Assim deverão ser obedecidos padrões antes que esse efluente seja lançado na rede pública coletora de esgoto. Os padrões descritos no PREMEND e que foram utilizados para comparação das características do chorume estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Padrões de lançamento de efluente estabelecido pelo PREMEND e utilizado para comparação com as características do chorume.

Parâmetro	Unidade de Medida	PREMEND*
pH	-	6 a 10
Temperatura	°C	40
Cádmio total	mg/L	1,5
Chumbo total	mg/L	1,5
Cobre total	mg/L	1,5
Cromo total	mg/L	5
Níquel total	mg/L	2
Zinco total	mg/L	5
Amônia	mg/L	100
Surfactantes (MBAS)	mg/L	5
DBO*	mg/L	350
DQO*	mg/L	600

*Conforme item 4.4 da ABNT/NBR 9800

Fonte: adaptado UBERLÂNDIA, 2012.

Para comparar os dados do chorume do aterro da cidade de Uberlândia com outros dados da literatura, basicamente utilizou-se os dados de estudos realizados pelo Programa de Pesquisas em Saneamento Básico do Brasil – PROSAB. O PROSAB tem por objetivo apoiar o desenvolvimento de pesquisas e o aperfeiçoamento de tecnologias nas áreas de águas de abastecimento, águas residuárias e resíduos sólidos que sejam de fácil aplicabilidade, baixo custo de implantação, operação e manutenção e que resultem na melhoria das condições de vida da população brasileira, especialmente as menos favorecidas (FINEP, 2017).

O Programa funciona no formato de redes cooperativas de pesquisa formadas a partir de temas prioritários lançados a cada Chamada Pública. A obra consultada neste trabalho faz parte do edital 05, sob o título: “Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras”, publicação da rede de pesquisas sobre o tema “Tratamento, disposição e reciclagem de resíduos sólidos, com ênfase no tratamento do lixiviado e tendo em vista a proteção dos corpos d’água” coordenada pelo Profa. Luciana Paulo Gomes do Programa de Engenharia Civil da Universidade do vale do Rio dos Sinos - UNISINOS.

2.3 Cálculo da Carga Orgânica volumétrica

A carga orgânica volumétrica, presente em cada reator UASB, de acordo com Von Sperling (2005) é dada por:

$$COV = \frac{Q_t \times S_o}{V} \quad (1)$$

Onde:

Q_t = Vazão total no reator UASB

S_o = DQO ou DBO da mistura

V = Volume de cada reator

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O aterro sanitário de Uberlândia, gera em média 3 L s^{-1} de chorume e é enviado para o tratamento na ETE Uberabinha desde 2009, quando o aterro antigo (construído em 1995) ainda estava em operação (informação verbal¹). O tratamento é feito por reatores de fluxo ascendente (RAFA) ou reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors) e constituem a principal forma de tratamento no Brasil (SILVA, 2011).

Em um documento publicado pela Superintendência Regional do Meio Ambiente (SUPRAM), o DMAE afirma que a ETE foi planejada para tratar completamente com esgoto bruto, atendendo uma eficiência de 94% na remoção de matéria orgânica, atendendo assim o limite de lançamento de DBO estabelecido na DN COPAM/CERH-MG 01/08 que condiciona o lançamento de efluentes com eficiência de redução de DBO em no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70% para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais (MINAS GERAIS, 2008). No entanto, durante o vigor do certificado de licença de operação, o empreendimento não apresentou a eficiência de projeto conforme pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 - Dados de monitoramento referente ao último ano de vigência da LO – RADA, 2010.

	População	Vazão (l/s)	Eficiência de remoção DBO/DQO (%)
Janeiro/2009	610.000	975,31	63/58
Fevereiro/2009		954,46	64/60
Março/2009		975,93	66/40
Abril/2009		825,83	61/50
Maio/2009		860,25	58/28
Junho/2009		854,54	51/23
Julho/2009		855,72	46/24
Agosto/2009		843,62	56/33
Setembro/2009		780,68	48/51
Outubro/2009		786,07	53/55
Novembro/2009		968,43	68/65
Dezembro/2009		955,26	71/65

¹ Entrevista realizada com a responsável pelo gerenciamento do aterro sanitário de Uberlândia.

Embora a ETE tenha ampliado o número de reatores e aplicado melhorias no sistema de tratamento em 2012, é possível que a eficiência de remoção da DBO e DQO não esteja satisfatória uma vez que a população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2016 era de 669.672 habitantes, o que implica em maiores quantidades de esgoto e lixo gerados.

Como forma de melhorar e evitar as baixas eficiências que o sistema da ETE Uberabinha vinha apresentando, em junho de 2012, estabeleceu-se o PREMEND, destinado às pessoas físicas e jurídicas instaladas no Município de Uberlândia que produzem e lançam efluentes não domésticos no Sistema público de Esgoto (UBERLÂNDIA, Decreto nº13.481 de 22 de junho de 2012). O PREMEND foi estabelecido como uma forma de proteger o sistema de tratamento da ETE- Uberabinha de altas cargas orgânicas e elementos inibidores, principalmente o processo biológico. Neste intuito realizou-se a comparação da caracterização do chorume com os valores estabelecidos pelo PREMEND (Tabela 7).

Tabela 7 – Comparação entre parâmetros de chorume do aterro sanitário de Uberlândia, PROSAB e os limites permitidos pelo PREMEND.

Parâmetro	Unidade de Medida	PREMEND*	PROSAB** (GOMES, et al. 2009)	Média 2014***	Média 2015***
pH	-	6 a 10	5,7 – 8,6	7,7	7,6
Temperatura	°C	40	-	29,7	32,0
Cádmio total	mg/L	1,5	0 – 0,26	0,049	0,0008
Chumbo total	mg/L	1,5	0,01 – 2,8	0,0049	0,0119
Cobre total	mg/L	1,5	0,005- 0,6	0,049	0,0408
Cromo total	mg/L	5	0,003 – 0,8	0,305	0,0697
Níquel total	mg/L	2	0,03 – 1,1	0,135	0,1078
Zinco total	mg/L	5	0,01 – 8,0	0,620	16,26
Amônia	mg/L	100	-	1071	731
Surfactantes (MBAS)	mg/L	5	-	4,3	16,3
DBO	mg/L	350	<20 – 30.000	2045	1827
DQO	mg/L	600	190 – 80.000	5162	3826

*Valores estabelecidos no PREMEND – Uberlândia

**Faixa Máxima descrita no PROSAB, 2009.

***Valores disponíveis em laudos do chorume fornecidos pela empresa Limpebrás.

Uma análise comparativa da composição de chorume dos principais aterros brasileiros com os laudos fornecidos pela empresa Limpebrás dos anos de 2014 e 2015 também foi realizada neste estudo (Tabela 8).

Tabela 8 – Comparação da composição de chorume dos principais aterros brasileiros com os laudos fornecidos pela empresa Limpebrás dos anos de 2014 e 2015.

Parâmetro	Unidade	Faixa de Concentração		
		Chorume no Brasil*	Média 2014	Média 2015
pH	-	7,2 - 8,6	7,7	7,6
DBO	mg/L de O ₂	<20 - 8600	2045	1827
DQO	mg/L de O ₂	190 - 22300	5162	3826
N - amoniacal	mg/L de N	0,4 - 1800	1071	731
P - Total	mg/L	0,1 - 15	-	-
Sólidos suspensos totais	mg/L	5 - 700	-	-

*Adaptado GOMES et al, 2009.

Os parâmetros do aterro sanitário se encaixam na caracterização do chorume no Brasil descrita no PROSAB com exceção do Zinco total. Observa-se também que os elementos-traço Zinco total e Surfactantes ultrapassaram o limite estabelecido pelo PREMEND em 2015 e se tratando de matéria orgânica, a DBO, DQO e Amônia ficaram acima dos valores nos dois anos. Pelas características, esta situação indica que é necessário um pré-tratamento antes que o chorume seja lançado e tratado pela estação de tratamento de esgoto municipal.

Segundo Bertolino (2007) a degradação eficaz de materiais orgânicos por processos biológicos é condicionada por um ambiente favorável para a microbiota o que inclui controle ou a eliminação dos materiais tóxicos. Nesse caso, as concentrações de determinados compostos podem se tornar tóxicos como o zinco. Para valores de 0,3 a 10 mg/L o zinco pode ser inibidor à fatal, respectivamente, para os microrganismos (VANCE, 2002 apud. BERTOLINO, 2007).

Da Silva (2016) também caracterizou o chorume de Uberlândia, no período de 2012 a 2014 como descrito na Tabela 9.

Tabela 9 – Comparação dos resultados de DA SILVA (2016) e o PREMEND.

Parâmetro	DA SILVA (2016)	PREMEND
pH	7,8	6 a 10
Cor aparente (mg/L)	4100	-
Turbidez (NTU)	149	-
Sólidos Suspensos (mg/L)	163	450
Sólidos dissolvidos (mg/L)	7630	750
Sólidos totais (mg/L)	8144	1200
DQO (mg/L)	3965	600
DBO ₅ (mg/L)	2211	350
DBO ₅ /DQO	0,58	-
Cloreto (mg/L)	2651	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	776	100
Sulfato (mg/L)	<10	1000
Fósforo (mg/L)	7,5	-

Percebe-se que os valores de Sólidos dissolvidos e totais, DQO, DBO₅, e nitrogênio amoniacal estão fora dos limites estipulados pelo PREMEND.

Ainda se tratando dos resultados encontrados por da Silva (2016), ao corrigir o pH das amostras de chorume de Uberlândia para 3, observou-se uma diminuição da razão DBO₅/DQO de 0,50 para 0,35 o que indica baixo potencial de degradação (VON SPERLING, 2005). Por outro lado, obteve-se um aumento nos valores de cor aparente, turbidez e sólidos suspensos após a queda no pH, o que está relacionado a substâncias húmicas (humina, ácidos húmicos e fúlvicos).

De acordo com Foo; Hameed (2009) e com os dados fornecidos pela empresa, o chorume do aterro sanitário de Uberlândia possui características que variam de um chorume de um aterro intermediário à estabilizado (Tabela 10).

Tabela 10 – Análise das características do chorume de Uberlândia de acordo com FOO; HAMEED, 2009.

Tipo de Chorume	Intermediário	Estabilizado	Chorume de Uberlândia (2014/2015)*	
Idade	5 á 10 anos	> 10 anos	7 anos	
pH	6,5 -7,5	>7,5	7,7	7,6
DQO (mg/L)	4.000–10.000	< 4.000	5162	3826
DBO/DQO	0,1 - 0,5	< 0,1	0,396	0,478
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	N.S	> 400	1071	731

*Dados Fornecidos pela empresa Limpebrás Engenharia Ambiental.

Na prática, nem sempre é possível identificar as fases de decomposição durante a vida útil do aterro e tal fato pode ser explicado, uma vez que são depositados lixo diariamente nas células do aterro. Esse processo causa uma grande variabilidade na idade do material disposto, o que torna possível encontrar as três fases ocorrendo simultaneamente em uma célula de aterro sanitário (MORAIS, 2005).

A carga orgânica volumétrica (COV), definida como a quantidade em massa de matéria orgânica aplicada diariamente ao reator por unidade de volume (CAMPOS, 1999), foi calculada (Tabela 11). A ETE Uberabinha funciona 24 horas por dia, tendo 12 (doze) reatores UASB em funcionamento, recebendo o volume de chorume e esgoto doméstico para tratamento. Os cálculos estão representados no Apêndice B deste trabalho.

Tabela 11 - Carga orgânica volumétrica da ETE Uberabinha.

Parâmetro	Unidade de Medida	Valor Calculado
DQO Mistura (DQOmist)	kg/m ³	0,73
DBO Mistura (DBOmist)	kg/m ³	0,42
Vazão total da mistura (Qt)	m ³ /dia	10454,40
Volume do Reator (V)	m ³	5400
Quantidade de Reatores	-	12
Carga Orgânica Volumétrica (DQO)	kg de DQO/m ³ dia	1,41
Carga Orgânica Volumétrica (DBO)	kg de DBO/m ³ dia	0,81
Carga Orgânica Volumétrica de Projeto*	kg de DQO/m ³ dia	0,69

*Fonte: SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2010

Observa-se que a COV ($1,41\text{KgDQO/m}^3$ dia) em relação a DQO não ultrapassou a faixa recomendada, de acordo com Campos (1999), de 2,5 - 3,5 kg de DQO/ m^3 dia. Pode-se dizer então que a carga orgânica para a quantidade de 12 reatores de volume 5400 m^3 não está comprometendo a eficiência do tratamento na ETE Uberabinha, entretanto, esse valor é superior a COV de projeto ($0,69\text{ kgDQO/m}^3$ dia). Valores superiores à faixa recomendada resultariam em uma carga hidráulica e em uma velocidade ascendente excessiva, prejudicando o funcionamento ótimo do reator (CAMPOS, 1999).

Em um experimento conduzido pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no qual teve como objetivo estudar a aplicação de reatores do tipo UASB para o tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgotos domésticos, chegou-se a eficiência de redução média da concentração de DQO de 55% utilizando chorume in natura e eficiência média de redução de DBO_5 estimada em 45% no caso específico de um outro reator em que o substrato era preparado com 10% de chorume e 90% de esgoto doméstico. Fatores como o lixiviado propiciar ao substrato concentração de nitrogênio amoniacal de até 100mg/L , valor bastante superior ao de esgoto doméstico, presença de materiais de difícil biodegradação no mesmo, com tempo de detenção hidráulico (TDH) de 12 horas e, ainda, o lodo inoculado não muito bem aclimatado, possam ter contribuído para o baixo percentual de redução. Foram encontradas elevadas concentrações de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal nos efluentes gerados, o que pode indicar que, para o tratamento combinado de lixiviado e esgoto doméstico em reator UASB, pode ser necessário que o efluente seja submetido a um processo de pré-tratamento (GOMES, 2009).

Assim, fica evidente a necessidade de estudos para que se possa avaliar a possibilidade do uso do tratamento combinado de lixiviado e esgoto doméstico em reator UASB quando levados em consideração apenas os fatores técnicos e econômicos.

4. CONCLUSÃO

Os parâmetros físico-químicos indicam uma caracterização de típica de chorume intermediário em função da degradação do material depositado no aterro sanitário de Uberlândia.

A concentração dos parâmetros DBO e DQO ultrapassaram os limites estabelecidos pelo PREMEND. Contudo, a baixa vazão de entrada do chorume na ETE Uberabinha faz com que ocorra a diluição do mesmo, verificada pela carga orgânica de mistura calculada.

Devida preocupação deve ser dada aos metais, cádmio, cromo, cobre, chumbo e zinco que extrapolaram o limite sugerido pelo PREMEND. Estes elementos sendo acumulativos podem acarretar perdas futuras na eficiência do sistema de tratamento de uma ETE.

5. CONTRIBUIÇÕES AO CONHECIMENTO

Há poucos estudos em desenvolvimento sobre o chorume e sua composição no Brasil. Este trabalho veio diante da necessidade de conhecer a fundo um composto singular que pode ter em sua essência diversas substâncias nocivas ao meio ambiente.

O presente trabalho questiona se enviar o chorume para um sistema de tratamento de esgoto doméstico pode comprometer o desempenho final do processo, principalmente em sistemas biológicos, os quais são os mais comuns no Brasil. Para isto o trabalho traz uma base de dados da literatura sobre as características qualitativas e quantitativas médias de um efluente de aterro sanitário comparando com dados levantados no aterro sanitário da cidade de Uberlândia.

A partir do processo biológico adotado na ETE Uberlândia, e utilizando dados de configurações de desempenho de reatores UASB, verifica se pode ocorrer choque de carga orgânica no reator. Através de estudos de casos da literatura investiga se a característica do chorume poderá comprometer a eficiência do processo anaeróbio devido à presença de substâncias inibidoras (metais).

O estudo da carga orgânica, presença de substâncias inibidoras, concentração de nitrogênio juntamente com as características do esgoto doméstico da cidade a qual receberá o chorume em seu sistema de tratamento é fundamental para verificar e evitar se a eficiência do processo será comprometida.

Além disso, existe a necessidade de investigar a tratabilidade desse composto, uma vez que tratamentos biológicos e não biológicos estão disponíveis, mas, por questões econômicas e de logística, optam pelo tratamento combinado de lixiviado e esgoto doméstico em reator UASB sem que se saiba a efetividade do mesmo.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Perante as dificuldades encontradas ao longo da elaboração deste trabalho e dos resultados obtidos, são sugeridos alguns temas importantes a serem estudados futuramente:

- i. Tratamento em escala piloto do Chorume gerado em Uberlândia por reator UASB.
- ii. Rastreamento dos metais pesados considerando todas as cargas de recebimento na ETE Uberabinha.
- iii. Avaliar a tratabilidade do chorume por reatores de membranas.

REFERÊNCIAS

- ABD EL-SALAM, M. M.; I. ABU-ZUID, G. **Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt**. Journal of Advanced Research, v. 6, n. 4, p. 579–586, jul. 2015.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo. 2014. Relatório. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2016.
- AHMED, F. N.; LAN, C. Q. **Treatment of landfill leachate using membrane bioreactors: A review**. Desalination, v. 287, p. 41–54, fev. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896**: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro. 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419**. Apresentação de Projetos de Aterros Sanitarios. Rio de Janeiro. 1992.
- BERTOLINO, S. M. **Caracterização e tratabilidade dos esgotos produzidos pelo Campus da Universidade Federal de Ouro Preto - MG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Ouro Preto. 2007.
- BORBA, S. M. P. **Análise de modelos de geração de gases em aterros sanitários: estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2006.
- BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. 3 ago. 2010. Seção 1. p. 03.
- BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**, 2012. Disponível em: <http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657>. Acesso em: 14 jun. 2016.
- CAMPOS, J. R. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e disposição Controlada no Solo**. FINEP/PROSAB, 1999.
- CELERE, M. S. et al. **Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública**. Cadernos de Saúde Pública, v. 23, n. 4, p. 939–947, 2007.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01 de 5 maio 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial de Minas Gerais**. 20 maio 2008. Belo Horizonte. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução 357. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil nº 92**. 15 mar. 2011. p. 89

DA SILVA, V. M. **Degradação da matéria orgânica presente em chorume de aterro sanitário e de ciprofloxacino por processos de oxidação avançada**. Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Química. Universidade Federal de Uberlândia, 2016.

DMAE. **O tratamento de Esgoto de Uberlândia**. Disponível em: <<http://www.dmae.mg.gov.br/?pagina=Conteudo&id=767>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

DO NASCIMENTO FILHO, I.; VON MÜHLEN, C.; CARAMÃO, E. B. **Estudo de compostos orgânicos em lixiviado de aterros sanitários por EFS E CG/EM**. Quim. Nova, v. 24, n. 4, p. 554–556, 2001.

EHRIG, H. J. **Cantidad y Contenidos de Lixiviados de Rellenos de Desechos Domésticos**. Proyecto CEPI S/GTZ Fortalecimiento Técnico de CEPIS. San José, Costa Rica. 1992.

FERNANDES, A. et al. **Review on the electrochemical processes for the treatment of sanitary landfill leachates: Present and future**. Applied Catalysis B: Environmental, v. 176–177, p. 183–200, out. 2015.

FINEP. **PROSAB, O que é**. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/historico-de-programa/prosab>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. **An overview of landfill leachate treatment via activated carbon adsorption process**. Journal of Hazardous Materials, v. 171, n. 1–3, p. 54–60, nov. 2009.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Orientações básicas para a operação de aterro sanitário**. Belo Horizonte: [s.n.].

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. **Ecologia industrial. Conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

GOMES, L. (Coo.). **Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras**. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

GOMES, T. L. **Avaliação Quali-Quantitativa do percolado gerado no aterro controlado de Santa Maria - RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2005.

GOOGLE EARTH. **Imagem de Satélite da Localização do Aterro Sanitário e ETE Uberabinha - Uberlândia - MG**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-18.8790952,-48.3256567,1513m/data=!3m1!1e3?hl=pt-BR&authuser=0>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

IBGE. **Estimativa populacional de Uberlândia, MG**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=317020>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

KJELDSEN, P. et al. **Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review**. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 32, n. 4, p. 297–336, out. 2002.

LEITE, C.; BERNARDES, R. S.; OLIVEIRA, S. A. DE. **Walkley-Black method for organic matter determination in soils contaminated by leachate**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 8, n. 1, p. 111–115, 2004.

LIMPEBRÁS ENGENHARIA AMBIENTAL. **Aterro Sanitário**. Disponível em: <<http://www.limpebras.com.br/interna.php?referencia=servicos&ser=10>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

LOBO, A. **Desarrollo de MODUELO 2: Herramienta para la Evaluación de la Contaminación Producida en Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos**. España: Universidad de Cantabria, Santander, 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil nº 239**. 14 dez. 2011, Seção 1, p. 39

MORAIS, J. L. DE. **Estudo da potencialidade de processos oxidativos avançados, isolados e integrados com processos biológicos tradicionais, para tratamento de chorume de aterro sanitário**. Tese (Doutorado em química). Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005.

OLIVEIRA, A. DA S. **Tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados no município de Ribeirão Preto, SP**. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública). Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2006.

PACHECO, J. R.; PERALTA-ZAMORA, P. G. **Integração de processos físico-químicos e oxidativos avançados para remediação de percolado de aterro sanitário (chorume)**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 9, n. 4, p. 306–311, 2004.

RENOU, S. et al. **Landfill leachate treatment: Review and opportunity**. Journal of Hazardous Materials, v. 150, n. 3, p. 468–493, fev. 2008.

RODRIGUES, F. S. **Aplicação da Ozonização e do Reativo de Fenton como Pré-Tratamento de Chorume com os Objetivos de Redução da Toxicidade e do Impacto no Processo Biológico**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

SILVA, A. **Tratamento do percolato de aterro sanitário e avaliação da toxicidade**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

SISINNO, C. L.; MOREIRA, J. C. **Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil**. Cadernos de Saúde Pública, v. 12, n. 4, p. 515–523, 1996.

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Revalidação da Licença de Operação Estação de Tratamento de Esgoto Uberabinha**, 7 dez. 2010. disponível em: <http://200.198.22.171/down.asp?x_caminho=reunioes/sistema/arquivos/material/&x_nome=ITEM_5.1_Depart._Mun._%C1gua_e_Esgoto_de_Uberl%E2ndia_-_PU.pdf>. Acesso em 24 agosto 2016.

TCHBANOGLOUS, G.; THESSSEN, H.; VIGIL, S. A. **Composicion y Caracteristicas, Generacion, Movimiento y Control de los Gases de Vertedero Gestion Integral de Resíduos Sólidos**. [s.l.] Mc Graw Hill., 1994. v. 1

UBERLÂNDIA. Decreto nº 13.481, de 22 de junho de 2012. Dispõe sobre o Programa de Recebimento e Monitoramento de Efluentes Não Domésticos do Município de Uberlândia - PREMEND. **Diário Oficial do Município nº 3938**. 26 jun. 2012.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. v. 1.

APENDICE A – Roteiro para Entrevista e Observações.

Roteiro para entrevista a Engenheira Responsável pelo aterro sanitário de Uberlândia.

- Quantos kg de resíduos são depositados no aterro sanitário de Uberlândia?
- Quando foi construída a primeira célula do aterro sanitário de Uberlândia? Quando foi desativada?
- Esta célula ainda gera gases ou chorume? Qual o volume?
- Quando foi construída a segunda célula do aterro sanitário de Uberlândia?
- Qual o volume de chorume que o aterro sanitário gera no total?
- Qual a frequência de monitoramento deste chorume?
- O monitoramento é terceirizado?
- Já houve tratamento do chorume gerado pelo aterro sanitário dentro do próprio aterro?
- Há a possibilidade de coleta do chorume gerado pelo aterro sanitário de Uberlândia?
- É possível ter acesso aos laudos de monitoramento do chorume gerado pelo aterro sanitário de Uberlândia?

Roteiro para entrevista ao responsável pela visita técnica a ETE Uberabinha.

- O tratamento pela ETE Uberabinha é feito em quantas etapas?
- Qual o volume total de esgoto que a ETE Uberabinha recebe?
- Quantos reatores UASB estão em funcionamento na ETE Uberabinha?
- Qual o volume destes reatores?
- Qual a carga orgânica volumétrica de cada reator?
- Qual a eficiência final do tratamento na ETE Uberabinha?

APENDICE B - Cálculo da carga orgânica volumétrica da ETE Uberabinha.

Considerando os seguintes dados:

DQO chorume (DQOc): 3965 mg/L

DBO chorume (DBOc): 2027,61 mg/L

Vazão Chorume (Qc): 3 L/s

DQO esgoto ETE Uberabinha (DQOe): 721,4 mg/L

DBO esgoto ETE Uberabinha (DBOe): 414,17 mg/L

Vazão média de esgoto doméstico ETE Uberabinha (Qm): 1450 L/s

Número total de reatores em funcionamento na ETE Uberabinha: 12

Volume de cada reator: 5400 m³

Temos que a DQO e DBO da mistura é dada por:

$$DQO_{mista} = \frac{Q_m \times DQO_e + Q_c \times DQO_c}{Q_e + Q_{chorume}} = \frac{1450 \times 721,4 + 3 \times 3965}{1450 + 3} = 728 \frac{mg}{L} = 0,728 \frac{kg}{m^3} \quad (1)$$

$$DBO_{mista} = \frac{Q_m \times DBO_e + Q_c \times DBO_c}{Q_e + Q_{chorume}} = \frac{1450 \times 414,17 + 3 \times 2027,61}{1450 + 3} = 417,5 \frac{mg}{L} = 0,417 \frac{kg}{m^3} \quad (2)$$

A vazão total em cada reator é dada por:

$$Q_t = \frac{Q_c + Q_m}{12} = \frac{1453}{12} = 121 \frac{L}{s} = 10454,4 \frac{m^3}{dia} \quad (3)$$

A carga orgânica volumétrica em relação a DQO e DBO é dada por:

$$COV = \frac{Q_t \times S_o}{V} \quad (4)$$

Onde:

Q_t = Vazão total

S_o = DQO ou DBO da mistura

V = Volume de cada reator

Logo, temos que:

$$COV_{DQO} = \frac{10454,4 \times 0,728}{5400} = 1,41 \text{ Kg de DQO/m}^3 \text{ dia} \quad (4.1)$$

$$COV_{DBO} = \frac{10454,4 \times 0,4175}{5400} = 0,81 \text{ Kg de DQO/m}^3 \text{ dia} \quad (4.2)$$