

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
2	OBJETIVO	03
2.1	Objetivo geral	03
2.2	Objetivos específicos	03
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
3.1	Disposição e processamento dos resíduos sólidos	04
3.2	Formação do lixiviado de aterro sanitário e sua composição	08
3.3	Necessidade de Tratamento do Lixiviado frente à Legislação	12
3.4	Tipos de tratamento para lixiviado de aterro sanitário	16
3.4.1	<i>Tratamento Biológico em lixiviado de aterro sanitário</i>	<i>17</i>
3.4.2	<i>Tipos de tratamento biológico aplicados a lixiviado de aterro sanitário. 18</i>	
3.4.3	<i>Remoção de Nutrientes através do Tratamento Biológico</i>	<i>21</i>
3.4.4	<i>Tratamento Físico-Químico aplicado em lixiviado de aterro sanitário ...</i>	<i>23</i>
3.4.4.1	<i>Processo de Coagulação-Floculação aplicado a lixiviados de aterro</i>	<i>24</i>
3.4.4.2	<i>Precipitação química de amônia em lixiviado de aterro sanitário</i>	<i>30</i>
3.4.4.3	<i>Outros processos de tratamento Físico-Químico aplicado a lixiviado de aterro sanitário</i>	<i>33</i>
4	METODOLOGIA	36
4.1	Descrição Geral da Pesquisa	36
4.2	Aterro São João	37
4.3	Aparato Experimental	38
4.3.1	<i>Experimento 1.....</i>	<i>38</i>
4.3.2	<i>Experimento 2</i>	<i>39</i>
4.4	Métodos Analíticos utilizados no Experimento	40
4.5	Operação e Condução dos Experimentos	43
4.5.1	<i>Tratamento biológico em Reator de Lodos ativados em Bateladas Seqüenciais</i>	<i>43</i>
4.5.2	<i>Pós-Tratamento físico-químico pelo processo de coagulação-floculação</i>	<i>46</i>
4.5.2.1	<i>1ª Fase – Ensaio com coagulante FeCl₃</i>	<i>47</i>

4.5.2.2 - 2ª Fase – Ensaio com coagulante $Al_2(SO_4)_3 \cdot 6H_2O$	50
4.5.2.3 – Precipitação Química manipulando somente o pH do despejo – Teste Exploratório.	51
4.5.2.4 – Análise de Metais – Teste Exploratório	52
4.5.3 Tratamento biológico em Lagoa Aerada	52
4.5.4 Tratamento físico-químico pelo processo de formação e precipitação do mineral struvita	55
4.5.4.1 – 1ª etapa	55
4.5.4.2 – 2ª etapa	56
4.5.4.3 – 3ª etapa	57
5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	58
5.1 Caracterização do Lixiviado do Aterro São João	58
5.2 Experimento 1 – Tratamento biológico seguido de tratamento físico-químico por processo de coagulação	60
5.2.1 Tratamento biológico em Reator de Lodo ativado em Bateladas Seqüenciais	60
5.2.2 Pós-Tratamento físico-químico pelo processo de coagulação-floculação	65
5.2.2.1 – 1ª Fase – Ensaio com coagulante $FeCl_3$	65
5.2.2.2 – 2ª Fase – Ensaio com coagulante $Al_2(SO_4)_3 \cdot 6H_2O$	77
5.2.2.3 – Precipitação Química manipulando somente o pH do despejo – Teste Exploratório	80
5.2.2.4 – Análise de Metais – Teste Exploratório	81
5.3 Experimento 2 – Tratamento biológico em Lagoa Aerada seguido de tratamento físico-químico por processo de formação e precipitação do mineral estruvita	85
5.3.1 Tratamento biológico em Lagoa Aerada	85
5.3.2 Tratamento físico-químico pelo processo de formação e precipitação química do mineral struvita.....	87
6. Conclusões e Recomendações	92
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	95
ANEXOS.....	99
ANEXO A	100
ANEXO B	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Representação esquemática dos processos metabólicos	18
Figura 3.2 – Variação do número de oxidação de nitrogênio nos processos de nitrificação e desnitrificação	22
Figura 3.3 – Forças atuantes na superfície da partícula coloidal	25
Figura 3.4 – Remoção de cor com e sem adição de coagulante em concentração de 500 mg/L em diferentes valores de pH	26
Figura 3.5a – N-NH_4^+ residual em diferentes razões de PO_4^{-3}	30
Figura 3.5b – N-NH_4^+ residual em diferentes razões de Mg^{+2}	30
Figura 4.1 – Aterro São João	37
Figura 4.2 – Esquema do experimento 1	38
Figura 4.3 – Esquema do experimento 2 – Sistemas de lagoas (bancada)	39
Figura 4.4 – Reator de Lodos Ativados em Batelada tratando lixiviado de aterro sanitário	43
Figura 4.5 – Esquema do ciclo de tratamento do reator de lodos ativados em bateladas seqüenciais	44
Figura 4.6 – Equipamento Jar-test com o efluente do reator biológico operado em bateladas.	46
Figura 4.7 – Experimento 2 – Sistemas de lagoas (aerada e de sedimentação) tratando lixiviado de aterro sanitário.	53
Figura 4.8 – Fluxograma da seqüência cronológica de realização dos ensaios de precipitação química ao longo da primeira etapa da investigação.	56
Figura 4.9 - Fluxograma da seqüência cronológica de realização dos ensaios de precipitação química ao longo da segunda etapa da investigação.	56
Figura 4.10 – Fluxograma da seqüência cronológica de adição dos reagentes ao longo da terceira etapa da investigação.	57
Figura 5.1 – Cor final do sobrenadante do tratamento físico-químico variando a dosagem de cloreto férrico sem corrigir o pH	66

Figura 5.2 – Eficiência de remoção da matéria orgânica presente em efluentes de tratamento biológico de lixiviado pelo tratamento físico-químico	66
Figura 5.3 – Eficiência da remoção dos parâmetros encontrados em lixiviado de aterro sanitário tratado por sistema biológico e posteriormente tratamento físico-químico	67
Figura 5.4 – Cor final do sobrenadante do tratamento físico-químico variando a dosagem de cloreto férrico e pH	70
Figura 5.5 – Valores absolutos dos parâmetros medidos no sobrenadante do tratamento físico-químico utilizando como coagulante cloreto férrico	72
Figura 5.6 – Efeito das condições de mistura na eficiência de remoção de cor	73
Figura 5.7 – Avaliação da influência do tempo de mistura nas concentrações finais dos poluentes no sobrenadante do tratamento físico-químico do lixiviado de aterro	74
Figura 5.8 - Avaliação da influência do gradiente de velocidade nas concentrações finais dos poluentes no sobrenadante do tratamento físico-químico do lixiviado de aterro	75
Figura 5.9 – Gráfico da produção de lodo químico utilizando coagulante cloreto férrico	76
Figura 5.10 – Cor final do sobrenadante do tratamento físico-químico variando dosagem de sulfato de alumínio e pH	78
Figura 5.11 - Valores absolutos dos parâmetros medidos no sobrenadante do tratamento físico-químico utilizando como coagulante sulfato de alumínio	79
Figura 5.12 – Testes manipulando somente o pH das amostras	80
Figura 5.13 – Solubilidade relativa dos hidróxidos metálicos x pH	84
Figura 5.14 – Concentração de PO_4^{-3} em função dos valores de pH de precipitação para os testes realizados com relação molar igual a 1,5:1:1,4	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1a – Quantidade diária de resíduo coletado, por unidade de destino final do resíduo sólido coletado, segundo as Regiões – 2000	5
Tabela 3.1b – Quantidade diária de resíduo coletado, por unidade de destino final do resíduo sólido coletado, segundo as Regiões – 2000 continuação.....	5
Tabela 3.2 – Amostra representativa dos municípios e da população urbana no Brasil que responderam questionário sobre disposição e tratamento do resíduo sólido gerado	6
Tabela 3.3 – Índice de qualidade de aterro de resíduos	7
Tabela 3.4 – Relação de aterros que recebem resíduo sólido da cidade de São Paulo, com as respectivas quantidades e seus índices (IQR)	7
Tabela 3.5 – Composição de diferentes tipos de lixo de aterro	10
Tabela 3.6 – Variação da composição do lixo gerado em aterros brasileiros	11
Tabela 3.7 - Valores máximos para padrões de lançamento dos principais poluentes presentes no lixo de aterro sanitário	13
Tabela 3.8 – Padrões para cursos d'água classe 02	14
Tabela 3.9 – Padrões para compostos nitrogenados em cursos d'água doce classe 2 para o estado de São Paulo	15
Tabela 3.10 – Remoção de compostos recalcitrantes usando processo de coagulação-floculação	27
Tabela 3.11 – Precipitação química da amônia – melhores resultados consagrados na literatura pesquisada	31
Tabela 3.12 – Outros processos aplicados a lixo de aterro	34
Tabela 4.1 – Relação dos parâmetros e metodologia investigados na pesquisa seguindo a metodologia do <i>Standard Methods</i>	40
Tabela 4.2 – Relação de parâmetros utilizados no monitoramento do Reator em Batelada	45
Tabela 4.3 – Testes de jarros do efluente do tratamento biológico com coagulante cloreto férrico, da primeira fase da Fase 1, Etapa 1	47

Tabela 4.4 – Testes de jarros do efluente do tratamento biológico com coagulante cloreto férrico, da segunda etapa	48
Tabela 4.5 – Testes de jarros do efluente do tratamento biológico com coagulante sulfato de alumínio	51
Tabela 4.6 – Relações de parâmetros de monitoramento da Lagoa	54
Tabela 5.1 – Caracterização do Lixiviado do Aterro São João	59
Tabela 5.2 – Características do conteúdo do Reator em Batelada na etapa alimentação, tratando lixiviado do aterro São João	61
Tabela 5.3 – Características do final da etapa anóxica do reator em bateladas seqüenciais tratando lixiviado do aterro São João	62
Tabela 5.4 – Características do efluente do Reator em Batelada tratando lixiviado do aterro São João	63
Tabela 5.5 – Síntese dos valores médios após cada etapa do tratamento biológico do lixiviado em reator de bateladas seqüenciais	64
Tabela 5.6 – Valores médios dos parâmetros encontrados no sobrenadante do tratamento físico-químico tratando lixiviado pré-tratado em reator biológico – Fase 1 – Etapa 1	68
Tabela 5.7 – Concentração de metais encontrados na amostra do lixiviado do aterro sanitário São João	81
Tabela 5.8 – Concentração de metais encontrados na amostra de efluente do tratamento biológico em reator SBR do lixiviado do aterro sanitário	82
Tabela 5.9 – Concentrações de metais encontrados no sobrenadante do tratamento físico-químico com coagulante cloreto-férrico, tratando lixiviado de aterro pré-tratado por reator SBR	83
Tabela 5.10 – Valores médios das características do efluente da lagoa	86
Tabela 5.11 – Razões molares e eficiências de remoção da amônia – Etapa 1	87
Tabela 5.12 – Razões molares e eficiências de remoção da amônia – Etapa 2	88
Tabela 5.13 – Razões molares e eficiências de remoção da amônia – Etapa 3	90