



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Agnaldo Santana Paise

**APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DE ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM PALMAS, TO.**

**Palmas
2015**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Agnaldo Santana Paise

APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM PALMAS, TO.

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Estágio em Engenharia Civil com TCC II curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Mestre Érico Augusto Mario Eugenio Archeti.

**Palmas
2015**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

AGNALDO SANTANA PAISE

APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM PALMAS, TO.

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Estágio em Engenharia Civil com TCC II curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Mestre Érico Augusto Mario Eugenio Archeti.

Aprovada em ___ de _____ 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador Msc. Érico Augusto Mario Eugenio Archeti
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Examinador
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Examinador
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas
2015



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

SUMÁRIO

RESUMO.....	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	V
LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	VII
1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivos.....	11
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos.....	11
1.2 Justificativa e Importância do Trabalho.....	12
1.3 Estrutura do Trabalho.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Legislação ambiental	14
2.2 Caracterização e níveis de tratamento dos esgotos	14
2.3 Tratamento preliminar	15
2.3.1 Gradeamento	16
2.3.2 Desarenação.....	17
2.3.3 Medidor ou calha Parshall	18
2.3.4 Tratamento secundário	18
2.3.5 Lagoas de estabilização	19
2.3.6 Lagoas facultativas	19
2.3.7 Lagoas de maturação	20
2.3.8 Lagoas anaeróbias – lagoas facultativas	21
2.3.9 Lagoas aeradas facultativas	22
2.3.10 Sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação ..	22
2.3.11 Reator UASB	23
2.3.12 Filtro biológico percolador (FBP)	25
2.3.13 Decantador secundário.....	26
2.4 Gerações de resíduos sólidos e seu aproveitamento	26
2.4.1 Fonte de Geração dos resíduos sólidos	26
2.4.2 Tratamento dos resíduos sólidos	29
2.4.2.3 Adensamento	30
2.4.2.4 Estabilização	31
2.4.2.5 Condicionamento	31
2.4.2.6 Desidratação	31
2.4.2.7 Leitões de secagem (secagem natural).....	32
2.4.3 Alternativas para disposição final do lodo	32
2.4.3.1 Aterro sanitário	32
2.4.3.2 Incineração.....	33
2.4.3.3 Compostagem	33
2.4.3.4 Reciclagem agrícola	33
2.4.4 Gerações de energia a partir de resíduos sólidos	33
2.4.4.1 Pirólise.....	34
2.4.4.2 Gaseificação.....	34
2.4.4.3 Incineração.....	34
3 METODOLOGIA.....	36

3.1	Desenho do Estudo	36
3.2	Objeto do Estudo	36
3.3	Materiais e Métodos de Análise	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1	ETE Aureny	38
4.1.2	Processos de tratamento de Esgoto e resíduos sólidos gerados na ETE Aureny	38
4.2	ETE Norte.....	43
4.2.1	Processos de tratamento de Esgoto e resíduos sólidos gerado na ETE Norte	44
4.3	ETE Prata.....	47
4.3.1	Processos de tratamento de Esgoto e resíduos sólidos gerado na ETE Prata	48
4.4	Aproveitamentos de resíduos da ETE na construção civil	53
4.5	Técnicas de aproveitamento dos resíduos sólidos nas ETE's Aureny, Prata e Norte	54
4.5.1	ETE Aureny	55
4.5.1.1	Gradeamento	55
4.5.1.2	Desarenador.....	56
4.5.2	ETE Norte.....	57
4.5.2.1	Gradeamento	57
4.5.2.2	Desarenador.....	58
4.5.2.3	Reator UASB.....	59
4.5.2.3	Decantador e Centrífuga	60
4.5.3	ETE Prata.....	61
4.5.3.1	Grades e Peneiras.....	61
4.5.3.2	Desarenador Mecanizado	62
4.5.3.3	Reator anaeróbio de fluxo ascendente – UASB	64
4.5.3.2	Tanques de lodo + Centrífuga	65
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

RESUMO

A problemática ambiental gerada em detrimento da alta produção de resíduos em nosso país pode ser remediada por intermédio da adoção de medidas que promovam o adequado aproveitamento destes remanescentes. As Estações de Tratamento de Esgoto – ETE's são unidades que propiciam condições de saneamento ideais a população e possuem como produto final o efluente que pode ser descartado em corpos hídricos, sem causar a degradação dos mesmos, por atender os parâmetros determinados na legislação vigente. Como subprodutos deste processo de tratamento podem ser citados o lodo e a areia que, geralmente, são descartados em aterros sanitários e lixões. Diante deste contexto, o presente estudo buscou identificar a atual destinação dos resíduos provenientes das Estações de Tratamento do município de Palmas-TO e apresentar possíveis alternativas de aproveitamento para os supracitados resíduos na construção civil. A caracterização das ETE's Aurenny, Prata e Norte permitiu identificar que destinação final dos resíduos, assim como em outras regiões do Brasil, ocorre em aterros sanitários e quantificar os volumes, em m³, de resíduos gerados, no ano de 2014 e no período de janeiro a setembro do corrente ano, nas unidades operacionais de gradeamento, desarenador, decantador e centrífuga, reator UASB e tanques de lodo. Os estudos apresentados acerca do aproveitamento destes resíduos na construção civil confirmaram a potencialidade de utilização dos materiais como matéria-prima na produção de tijolos cerâmicos, de agregado para argamassa e concreto não estrutural, e na massa cerâmica para produção de blocos.

Palavras-chave: destinação final, lodo, construção civil.

ABSTRACT

Environmental issues generated at the expense of high production of waste in our country can be remedied through the adoption of measures to promote the appropriate use of these remnants. The Sewage Treatment Plants are units that provide sanitation ideal population and have as final product the effluent to be released into water bodies without causing degradation thereof, for meeting the given parameters by law. As by-products of this treatment process can mention the mud and sand are usually disposed of in sanitary landfills and dumps. Given this context, the present study sought to identify the current disposal of waste from the city of Palmas-TO Treatment Plants and indicate possible use of alternatives to the aforementioned waste in construction. The characterization of ETE's Aurenny, Prata and Norte identified that disposal of waste, as well as in other regions of Brazil, occurs in landfills and quantify the volumes in cubic meters of waste generated in the year 2014 and from January to September this year, the operating units grating, sand trap, and decanter centrifuge, UASB reactor and sludge tanks. The studies presented about the use of this waste in construction confirmed the potential use of materials as a raw material in the production of ceramic bricks, added to non-structural mortar and concrete, and ceramic mass for the production of blocks.

Key-words: disposal, sludge, construction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Grade de limpeza manual.....	17
Figura 2 - Desarenador	18
Figura 3 - Esquema simplificado de uma lagoa facultativa.	20
Figura 4 - Fluxograma típico de um sistema de lagoas de estabilização seguidas por lagoas de maturação.....	21
Figura 5 - Fluxograma típico de um sistema de lagoa anaeróbia seguida por lagoa facultativa	21
Figura 6 - Fluxograma típico de um sistema de lagoas aeradas facultativas.	22
Figura 7 - Fluxograma típico de um sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação.	23
Figura 8 - Modelos de reatores anaeróbios.....	25
Figura 9 - Mapa de localização da ETE – Aureny	38
Figura 10 - Grades do tratamento primário	39
Figura 11 - Caixa de areia (Desarenador).....	40
Figura 12 - Medidor de vazão (Calha Parshall - entrada).....	41
Figura 13 - Vista geral da Lagoa Anaeróbia da ETE AURENY	42
Figura 14 - Flotador.....	42
Figura 15 - Contêiner com resíduos sólidos para deposição no aterro sanitário.....	43
Figura 16 - Mapa de localização da ETE - Arnos	44
Figura 17 - Peneira mecanizada ETE Norte.....	45
Figura 18 - Vista interna dos reatores UASB ETE Norte.....	45
Figura 19 - Vista interna do Tanque de Aeração ETE Norte	46
Figura 20 - Vista do Decantador ETE Norte.....	46
Figura 21 - Sistema de desidratação do lodo ETE Norte	47
Figura 22 - Leito de Secagem	47
Figura 23 - Mapa de localização da ETE Prata	48
Figura 24 - Estação de Tratamento de Esgoto Prata	49
Figura 25 - Chegada do esgoto bruto.....	49
Figura 26 - Grades do tratamento primário	50
Figura 27 - Desarenador Mecanizado	50
Figura 28 - Estação Elevatória	51
Figura 29 - Reator anaeróbio de fluxo ascendente - UASB	51
Figura 30 - Reator anaeróbio de fluxo ascendente - UASB	52
Figura 31 - Centrífuga	52
Figura 32 - Leito de Secagem	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grade de limpeza manual	16
Tabela 2 - Quantidade de sólidos grosseiros removidos em função do espaçamento das barras.	27
Tabela 3 - Dados médios das características e quantidades de sólidos grosseiros do esgoto por meio de gradeamento.....	27
Tabela 4 - Eficiência do sistema de gradeamento (E).....	27
Tabela 5 - Gradeamento na ETE Aurenny no ano de 2014	55
Tabela 6 - Gradeamento na ETE Aurenny no ano de 2015	56
Tabela 7 - Caixa de areia (Desarenador) da ETE Aurenny no ano de 2014	56
Tabela 8 - Caixa de areia (Desarenador) da ETE Aurenny no ano de 2015	56
Tabela 9 - Gradeamento Fino e Grosso da ETE Norte em 2014	57
Tabela 10 - Gradeamento Fino e Grosso da ETE Norte em 2015	58
Tabela 11 - Desarenador da ETE Norte no ano de 2014	59
Tabela 12 - Desarenador da ETE Norte no ano de 2015	59
Tabela 13 - Produção de lodo na ETE Norte no ano de 2014.....	60
Tabela 14 - Produção de Lodo Centrífuga no ano de 2014	60
Tabela 15 - Produção de Lodo Centrífuga no ano de 2015	61
Tabela 16 - Gradeamento e Peneira da ETE Prata no ano de 2014.....	62
Tabela 17 - Gradeamento e Peneira da ETE Prata no ano de 2015.....	62
Tabela 18 - Desarenador mecanizado da ETE Prata no ano de 2014.....	63
Tabela 19 - Desarenador mecanizado da ETE Prata no ano de 2015.....	63
Tabela 20 - Reator anaeróbio de fluxo ascendente UASB da ETE Prata no ano de 2014	64
Tabela 21 - Reator anaeróbio de fluxo ascendente UASB da ETE Prata no ano de 2015	64
Tabela 22 - Produção de Lodo Centrífuga da ETE Prata no ano de 2014	65
Tabela 23 - Produção de Lodo Centrífuga da ETE Prata no ano de 2015	66

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABES – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE

DAFA - DIGESTOR ANAERÓBICO DE FLUXO ASCENDENTE

DBO – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

DQO – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

EEE – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO

ETE - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

RAFA - REATOR ANAERÓBICO FLUXO ASCENDENTE

SISNAMA - SISTEMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

UASB - *UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET*



1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional acelerado concomitante com o avanço da urbanização propiciam uma crescente geração de resíduos pelo homem e, conseqüentemente, resultam em problemáticas concernentes a sua destinação inadequada. A preocupação com a escassez dos recursos naturais e a poluição do meio acarretou na criação de legislação específica para o reaproveitamento e destinação correta desses resíduos (SILVA et al, 2015).

O tratamento de esgoto com condições adequadas de saneamento é essencial para o impedimento de proliferação de doenças e degradação do meio ambiente, o que requer a instalação de uma estrutura compatível e adoção de cuidados preventivos de uma forma geral. A estrutura física é responsável por possibilitar diferentes níveis de tratamento, sendo estes caracterizados como tratamento preliminar, primário, secundário ou terciário, que depois de tratar o efluente, devolve ao corpo d'água em conformidade com as diretrizes estabelecidas pelos órgãos ambientais competentes.

No Brasil, os resíduos provenientes de Estações de Tratamento de Esgoto, dentre os quais, o lodo, geralmente, possuem como destinação final a disposição em aterros sanitários, lixões ou no próprio terreno da estação. Essa solução gera custo elevado e ocupação de áreas físicas em aterros cada vez maiores, devido à crescente demanda da geração do lodo de esgoto (BORGES, 2014; SILVA et al, 2015).

Características como ampla atuação em todo território nacional, alta diversidade e quantidade de matérias primas utilizadas, escassez de matérias primas tradicionais e diferentes níveis tecnológicos para a produção de materiais tornam a construção civil um dos setores com maior potencial de aproveitamento de resíduos industriais (PAIVA, 2007).

A busca de alternativas viáveis para a disposição final de lodo de esgoto está entre uma das preocupações mundiais previstas na Agenda 21, referente à gestão adequada de resíduos, baseada nos princípios: para todos os resíduos devem ser buscados os meios de minimização da produção, maximização do reuso e da

reciclagem e a promoção da disposição final e tratamento ambientalmente adequados. (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001, p. 465)

Bettiol e Camargo (2006, p. 25) citam como alternativas viáveis para o aproveitamento ou disposição final do lodo de esgoto ou biossólidos a disposição em aterro sanitário, o reuso industrial (produção de agregado leve, fabricação de tijolos e cerâmica e produção de cimento), a incineração (incineração exclusiva e co-incineração com resíduos sólidos urbanos), a disposição oceânica, a recuperação de solos (recuperação de áreas degradadas e de mineração) o “*landfarming*” (tratamento no solo com ou sem vegetação) e o uso agrícola e florestal (aplicação direta no solo, compostagem, fertilizante e solo sintético).

Palmas, capital do estado do Tocantins, possui uma população estimada de 272.726 habitantes e sistema de esgotamento sanitário que atende apenas a sede municipal, representando 50,3% da população urbana do município, sendo que, deste montante, 100% do volume coletado é tratado (PALMAS, 2014; IBGE, 2015).

Diante do contexto apresentado, este estudo possui como objetivo principal identificar a atual destinação dos resíduos provenientes das estações de tratamento do município de Palmas-TO e apresentar possíveis alternativas de aproveitamento para os supracitados resíduos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Propor alternativas de aproveitamento para resíduos sólidos na Estação de Tratamento de Esgoto de Palmas-TO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrever o sistema operacional e os resíduos gerados na Estação de Tratamento de Esgoto - ETE's do referido município, denominadas de Prata, Aurenny e Norte.
- Abordar as técnicas contemporâneas para aproveitamento dos resíduos sólidos gerados nas ETE's na engenharia civil;
- Verificar quais são as técnicas aplicadas para aproveitamento dos resíduos sólidos nas aludidas ETE's.

1.2 Justificativa e Importância do Trabalho

O município de Palmas-TO se encontra inserido numa região que apresenta forte tendência ao aumento da população local, fato este que pode ser corroborado pelo cálculo da projeção populacional para o ano de 2023 (IBGE, 2010), no qual a população do município tende a aumentar 73% em relação à população atual. Esse fato pode contribuir para o aumento no consumo de recursos naturais bem como a geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos.

Considerando as condições atuais do município, as consequências deste crescimento podem impactar ainda mais no meio ambiente, principalmente em relação ao lançamento dos efluentes sanitários sem tratamento nos corpos receptores da região.

Mediante esta realidade, há necessidade de realização de estudos acerca dos resíduos gerados pelas Estações de Tratamento de Esgoto do supracitado município e levantamento de alternativas viáveis que propiciem seu devido aproveitamento.

1.3 Estrutura do Trabalho

Esse estudo se enquadra neste contexto e apresenta o seguinte capítulo, a introdução da pesquisa, os objetivos almejados e a justificativa para a realização do trabalho, a seguir, o referencial teórico caracterizar a legislação pertinentes, os níveis de tratamento de esgoto, unidades operacionais envolvidas e formas de disposição final, o terceiro, discorre quanto aos materiais e procedimentos metodológicos necessários a efetivação da pesquisa, então há exposição dos resultados obtidos, caracterizado as ETE's do município de Palmas-To, seus processos de tratamento e técnicas de aproveitamento de resíduos de ETE's na construção civil, por fim, são apresentado as conclusões e considerações finais propostas pelo autor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Legislação ambiental

Segundo a Lei Federal nº 6.938/81, a Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

No âmbito do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) é estabelecida a estrutura institucional e são definidos os instrumentos para o cumprimento dos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente. Nos instrumentos nela previstos, destacam-se os padrões de qualidade ambiental, e no caso aplicado às coleções de águas, a Resolução CONAMA nº 357, estabelece a qualidade ambiental desejada em função dos usos preponderantes exercidos nas bacias hidrográficas.

No estado do Tocantins, as legislações ambientais abrangem padrões de lançamento de efluentes visando o domínio de poluição hídrica por esgotos sanitários. A Lei n.º 261, de 20 de fevereiro de 1991, publicada no Diário Oficial n.º 60, estabelece normas e padrões sobre a qualidade das águas e lançamento de efluentes nas coleções de águas, definindo as concentrações máximas de DBO e SST (60mg/L) e de DQO (90mg/L). Estabelece ainda que o valor máximo permissível de DBO pode ser ultrapassado desde que se promova, minimamente, a redução da carga poluidora em 60%.

Segundo essa mesma diretriz normativa, para as águas das classes 1, 2, 3 e 4 existe uma tolerância para lançamento de despejos, desde que, além de atenderem às concentrações máximas permitidas para os diferentes poluentes, não venham a ultrapassar os limites estabelecidos para as respectivas classes de enquadramento dos cursos d'água.

2.2 Caracterização e níveis de tratamento dos esgotos

Os esgotos sanitários são essencialmente domésticos, contendo ainda águas de infiltração e também uma parcela pouco significativa de despejos industriais, com características bem definidas. Os esgotos domésticos provêm principalmente de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham banheiros, lavanderias ou cozinhas.

A disposição de esgotos brutos no solo ou em corpos receptores naturais, como lagoas, rios, oceanos, é uma alternativa que foi e ainda é empregada de forma muito intensa. Dependendo da carga orgânica lançada, os esgotos provocam a total degradação do ambiente (solo, água e ar) ou, em outros casos, o meio demonstra ter condições de receber e de decompor os contaminantes até alcançar um nível que não cause problemas ou alterações acentuadas que prejudiquem o ecossistema local e circunvizinho (ABES, 1999).

Os poluentes podem ser absorvidos e decompostos pelos microrganismos, sendo assim, um fenômeno de tratamento natural dos esgotos. No entanto as estações de tratamento de esgoto possuem a finalidade de aperfeiçoar este processo, melhorando o tempo de reação a partir de sistemas de esgoto construídos e desenvolvidos para absorver toda carga orgânica e poluente dos efluentes.

Os parâmetros para tratamento possuem concentrações que usualmente são consideradas para o dimensionamento de Estações de Tratamento de Efluentes. Estes valores são recomendados pela maioria das bibliografias técnicas especializadas.

Segundo Jordão (1995), o tratamento dos esgotos pode ser classificado de acordo com os seguintes níveis ou grau:

- Tratamento Preliminar;
- Tratamento Primário;
- Tratamento Secundário;
- Tratamento Terciário.

No Brasil, utilizam-se nas estações de tratamento de esgoto unidades componentes de tratamento até o nível secundário, conforme será tratado nesse estudo.

2.3 Tratamento preliminar

O tratamento preliminar procura remover os sólidos grosseiros e areia por intermédio de mecanismos físicos de retenção. É necessário que o esgoto passe pelo processo preliminar já que contém sólidos grosseiros e areia, e assim passará para as próximas etapas. O passo inicial do tratamento preliminar é o gradeamento.

2.3.1 Gradeamento

Normalmente, o esgoto doméstico traz consigo sólidos grosseiros (estopas, plásticos, papéis, etc.) que, em casos normais, são facilmente separáveis. A sua retirada do esgoto é importante para o perfeito funcionamento da ETE, seja pela eficiência do tratamento biológico ou pelo bom desempenho dos equipamentos existentes (STS ENGENHARIA, 2008).

O material retido nas grades deve ser removido com frequência necessária, de modo a evitar represamento a montante e conseqüente aumento de nível, possibilitando o transbordo de esgoto bruto (STS ENGENHARIA, 2008).

Com grades mecanizadas ou com um rastelo realiza-se a remoção, de forma manual pelo técnico responsável pela limpeza. O material proveniente da remoção é depositado em um cesto perfurado, adaptado no próprio canal, permitindo que o líquido livre retorne ao desarenador e receba o devido tratamento. O material sólido do cesto é ensacado e encaminhado ao aterro sanitário ou para produção energética (STS ENGENHARIA, 2008).

Existem pelo menos três tipos de grades, sendo definidas como finas (espaçamento entre barras de 1 e 2 cm), médias (espaçamento entre barras de 2 e 4 cm) e grossas (espaçamento entre barras de 5 e 10 cm) (STS ENGENHARIA, 2008).

A tabela 1 apresenta as propriedades de cada tipo de grade em função do espaçamento e espessura das barras, enquanto a figura 1 demonstra uma grade de limpeza manual.

Tabela 1 - Grade de limpeza manual

Tipo de Grade	Espaçamento (mm)	Espessuras mais usuais (mm)
Grosseira	40	10 e 13
	60	10 e 13
	80	10 e 13
	100	10 e 13
Média	20	8 e 10
	30	8 e 10
	40	8 e 10
Fina	10	6, 8 e 10
	15	6, 8 e 10
	20	6, 8 e 10

Fonte: Von Sperling, 2005.

Figura 1 - Grade de limpeza manual.



Fonte: Von Sperling, 2005.

2.3.2 Desarenação

Podem existir no esgoto, juntamente com os sólidos grosseiros, partículas de areia e terra, que necessitam ser separadas. Essa remoção é importante, pois evita que essas partículas prejudiquem a eficiência dos equipamentos instalados a jusante do desarenador ou ainda, causem entupimentos nas tubulações e interferência negativa nos processos biológicos (STS ENGENHARIA, 2008).

Baseado nessas premissas, após a instalação do gradeamento será implantado um sistema de desarenação, de maneira que as partículas sedimentem em seu interior durante o percurso do efluente.

O desarenador é formado por dois canais paralelos, que funcionam independentemente, de tal modo que enquanto um está em operação o outro recebe manutenção e limpeza. A interrupção do fluxo é realizada por “*stoplogs*”, que são operados manualmente em cada canal (STS ENGENHARIA, 2008).

A limpeza pode ser realizada da forma manual ou mecânica, com auxílio de pá ou de caminhão autovácuo, respectivamente. A areia removida deve ser destinada ao leito de secagem.

Figura 2 - Desarenador



Fonte: Von Sperling, 2005.

2.3.3 Medidor ou calha Parshall

As calhas Parshall são empregadas na medição de vazão, através de estrangulamento e ressaltos e permitem, para uma determinada seção vertical a montante, se estabelecer uma relação entre a vazão do fluxo e a lâmina d'água naquela região. Além de possuir pouca perda de carga é bastante precisa na leitura das vazões (STS ENGENHARIA, 2008).

O medidor Parshall usualmente é instalado à jusante da caixa de areia, acoplado a uma régua graduada para leitura das lâminas de líquido, e respectivas vazões.

2.3.4 Tratamento secundário

O tratamento secundário é composto por processos biológicos, que são assim definidos, por dependerem da ação de microrganismos presentes nos esgotos. Esses processos reproduzem os mecanismos naturais que ocorrem em um corpo d'água, onde a matéria orgânica é convertida em produtos mineralizados inertes, caracterizando assim, o chamado fenômeno de autodepuração (VON SPERLING, 1996).

2.3.5 Lagoas de estabilização

O processo nos sistemas de lagoas de estabilização é mais simples, dependendo unicamente de fenômenos puramente naturais. O esgoto afluente entra em uma extremidade da lagoa e sai na extremidade oposta. Ao longo desse percurso, que demora vários dias, uma série de eventos contribui para a purificação dos esgotos (VON SPERLING, 2005).

As lagoas de estabilização são unidades especialmente projetadas, construídas e operadas com a finalidade de promover o tratamento do esgoto. No entanto, a construção é simples, baseando-se principalmente em movimento de terra (corte e aterro) e preparação dos taludes (VON SPERLING, 2005).

Existem basicamente sete variantes de lagoas de estabilização, de acordo com Von Sperling (2005):

- Lagoas facultativas;
- Lagoas de maturação;
- Sistemas lagoas anaeróbias – lagoas facultativas;
- Lagoas aeradas facultativas;
- Sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação;
- Lagoas de polimento;
- Lagoas de alta taxa.

2.3.6 Lagoas facultativas

As lagoas facultativas requerem um processo mais simples de tratamento de esgotos por lagoas, dependendo de fenômenos estritamente biológicos (naturais). O esgoto afluente entra em uma extremidade da lagoa e sai na extremidade oposta (VON SPERLING, 2005).

No decorrer desta trajetória, o esgoto sofre uma série de processos que irão resultar em sua purificação.

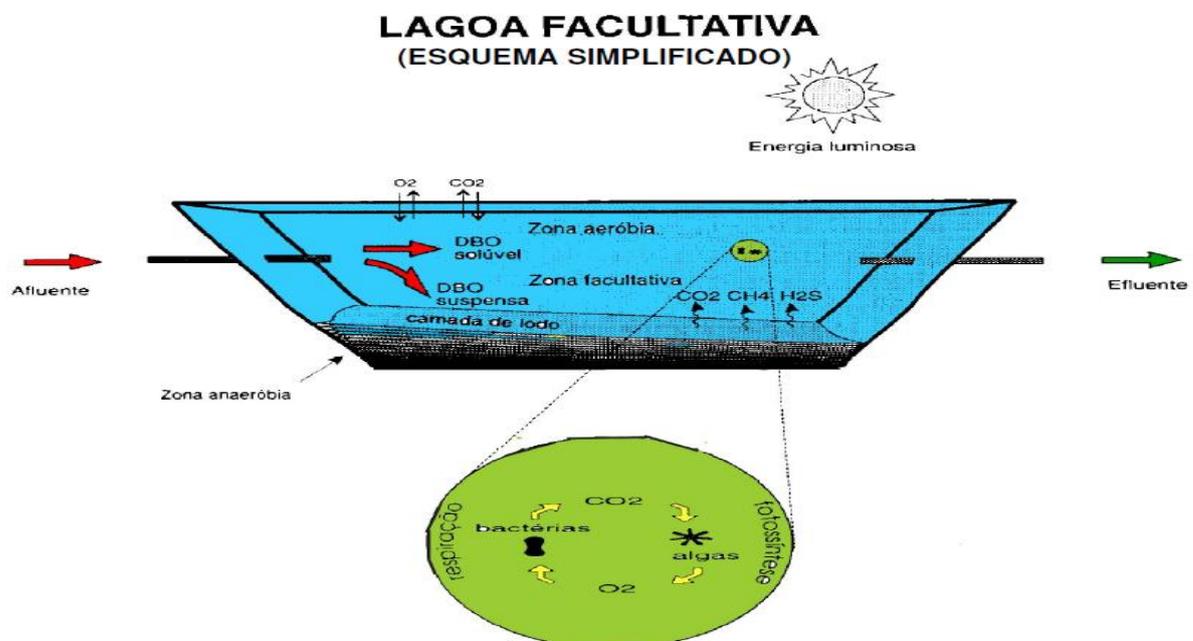
Como esclarece Von Sperling (2005), depois da entrada do esgoto, parte de sua matéria orgânica em suspensão (*DBO* particulada) tende a sedimentar, constituindo o lodo de fundo. Este lodo sofrerá um tratamento anaeróbio. Já a matéria orgânica dissolvida (*DBO* solúvel), e a em suspensão de pequenas dimensões (*DBO* finamente particulada) permanecem dispersas na massa líquida. Estas sofrerão decomposição aeróbia através de bactérias facultativas. Essas

bactérias necessitam da presença de oxigênio. Este é fornecido por trocas gasosas da superfície líquida com a atmosfera e pela fotossíntese realizada pelas algas.

Von Sperling (2005) ainda garante que, para o adequado funcionamento das lagoas facultativas, há necessidade de uma fonte de energia luminosa (radiação solar), razão pela qual este é um processo indicado para regiões como o Nordeste brasileiro, no qual esta condição é atendida.

Ainda de acordo com o mesmo autor, as lagoas facultativas têm profundidades pequenas, geralmente entre 1,0 e 2,0 metros, o que garante a grande penetração dos raios solares.

Figura 3 - Esquema simplificado de uma lagoa facultativa.



2.3.7 Lagoas de maturação

As lagoas de maturação são localizadas após as lagoas facultativas, sendo utilizadas para remoção dos coliformes fecais, e não há remoção adicional de DBO. É um método de desinfecção de efluente bastante barato, sendo uns dos métodos mais convencionais, como a cloração, de acordo com Von Sperlig (2005).

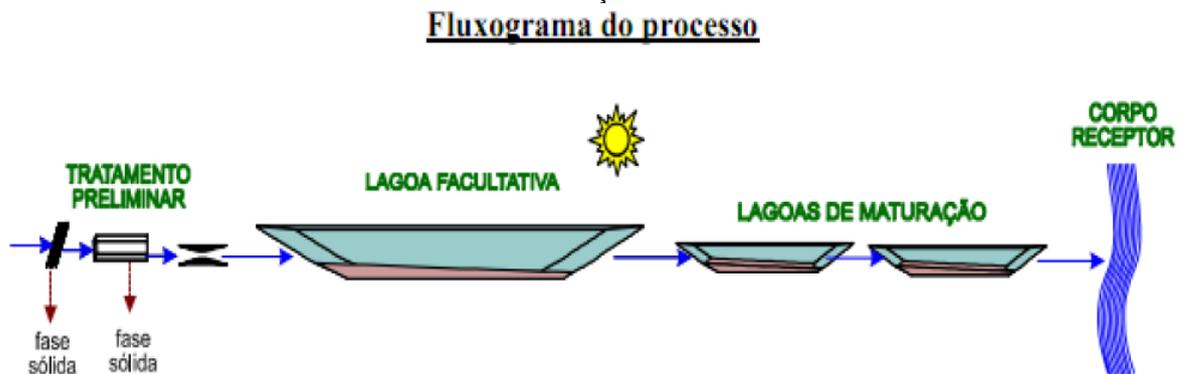
O melhor ambiente para a sobrevivência dos microrganismos patogênicos é o trato intestinal humano, eles morrem quando permanece. A lagoa de maturação é projetada com o intuito de eliminar esses organismos, para tanto nelas predominam condições ambientais adversas para sobrevivências das bactérias patogênicas, tais como, a radiação ultravioleta, elevado pH, elevado OD, temperaturas mais baixas

que o corpo humano, falta de nutrientes e predação por outros organismos (MELLO, 2007).

No que concerne à profundidade, estas lagoas podem apresentar aproximadamente 1,0 metro ou menos (VON SPERLING, 2005).

O fluxograma típico de um sistema de lagoas de estabilização seguidas por lagoas de maturação é mostrado na figura 4.

Figura 4 - Fluxograma típico de um sistema de lagoas de estabilização seguidas por lagoas de maturação



Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

2.3.8 Lagoas anaeróbias – lagoas facultativas

Nas lagoas anaeróbias é realizado o processo de decomposição da matéria orgânica por meio da atividade das bactérias anaeróbias. Sua profundidade varia entre 4,0 e 5,0 metros, ocupando áreas inferiores em relação as lagoas facultativas (VON SPERLING, 2005).

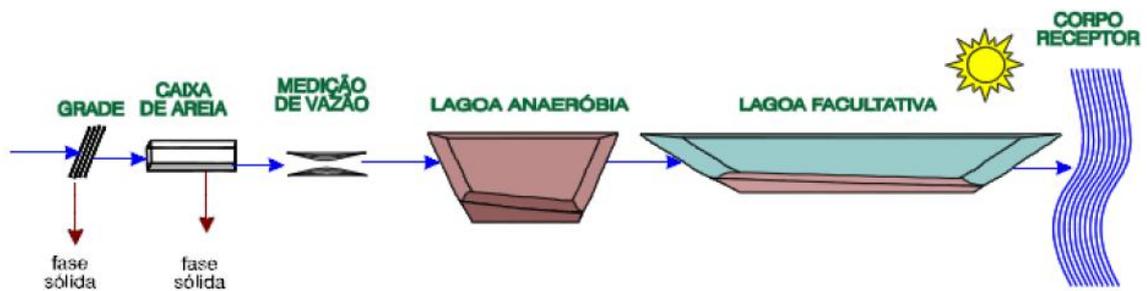
O espaço utilizado pelas lagoas anaeróbias é menor ao das lagoas de maturação, entretanto a sua eficiência na remoção da DBO é inferior (MELLO, 2007).

É usual o aproveitamento em série do sistema lagoa anaeróbia seguida da lagoa facultativa, já que o mesmo implica em menores dimensões para a segunda unidade, uma vez que parte da carga orgânica é removida na primeira (MELLO, 2007).

A figura 5 apresenta o fluxograma típico de um sistema de lagoa anaeróbia seguidas por lagoas facultativas.

Figura 5 - Fluxograma típico de um sistema de lagoa anaeróbia seguida por lagoa facultativa

Fluxograma do processo



Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

2.3.9 Lagoas aeradas facultativas

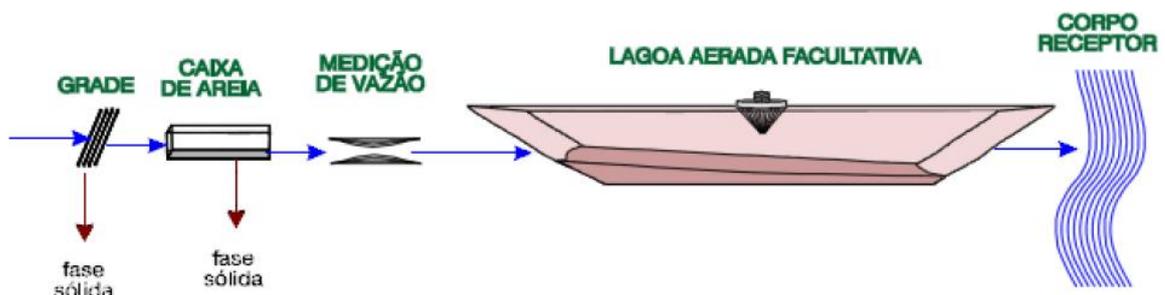
As lagoas aeradas facultativas ocupam menores áreas comparadas as lagoas facultativas.

A distinção entre a lagoa aerada e a lagoa facultativa é que a lagoa aerada realiza alta remoção de DBO, em razão dos aeradores mecânicos. Por ser facultativa, uma grande parte dos sólidos do esgoto e da biomassa bacteriana (formada em decorrência da aeração) sedimenta, sendo decomposta anaerobiamente no fundo (MELLO, 2007).

A figura 6 mostra a fluxograma típico de um sistema de lagoas aeradas facultativas.

Figura 6 - Fluxograma típico de um sistema de lagoas aeradas facultativas.

Fluxograma do processo



Fonte: Adaptado de Von Sperlig (2005).

2.3.10 Sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação

Na lagoa aerada de mistura completa, o processo de aeração promove uma turbulência que gera oxigenação e permite que os sólidos sejam mantidos dispersos no meio líquido (VON SPERLING, 2005).

Os sólidos em suspensão incluem as matérias orgânicas contida no esgoto, bem como as bactérias (biomassa). Assim a matéria orgânica e as bactérias tem um maior contato promovendo uma elevada eficiência do sistema.

De acordo com Von Sperling (2005), apesar da boa eficiência de remoção de matéria orgânica, a qualidade do seu efluente não é adequada para lançamento direto em um corpo receptor, pois a biomassa permanece em suspensão, vindo a sair com o efluente da lagoa. Há necessidade, portanto, de uma unidade a jusante, na qual a biomassa em suspensão se sedimente. Essa unidade é a lagoa de sedimentação. O efluente da lagoa de sedimentação sai com menor teor de sólidos, podendo ser lançado diretamente no corpo receptor.

A figura 7 ilustra um sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação.

Figura 7 - Fluxograma típico de um sistema de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação.



Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005)

2.3.11 Reator UASB

O reator UASB é uma tecnologia de tratamento biológico de esgotos baseada na decomposição anaeróbia da matéria orgânica. Ele é constituído por uma coluna de escoamento ascendente, composta de uma zona de digestão, uma zona de sedimentação e um dispositivo separador de fases gás-sólido-líquido.

As vantagens da sua utilização, por ser um sistema compacto, são o baixo custo, a demanda pequena de área, a dispensa do decantador primário, do digestor de lodo e do adensador de lodo na estação de tratamento de esgoto. Todas essas funções são desempenhadas simultaneamente pelo reator RAFA.

Uma desvantagem da utilização do reator UASB consiste na baixa eficiência alcançada, o que faz necessária a instalação de pós-tratamento para seu efluente. A

literatura relata a eficiência entre 40 e 75% para DQO e entre 45 e 75% para DBO (CHERNICHARO, 2007).

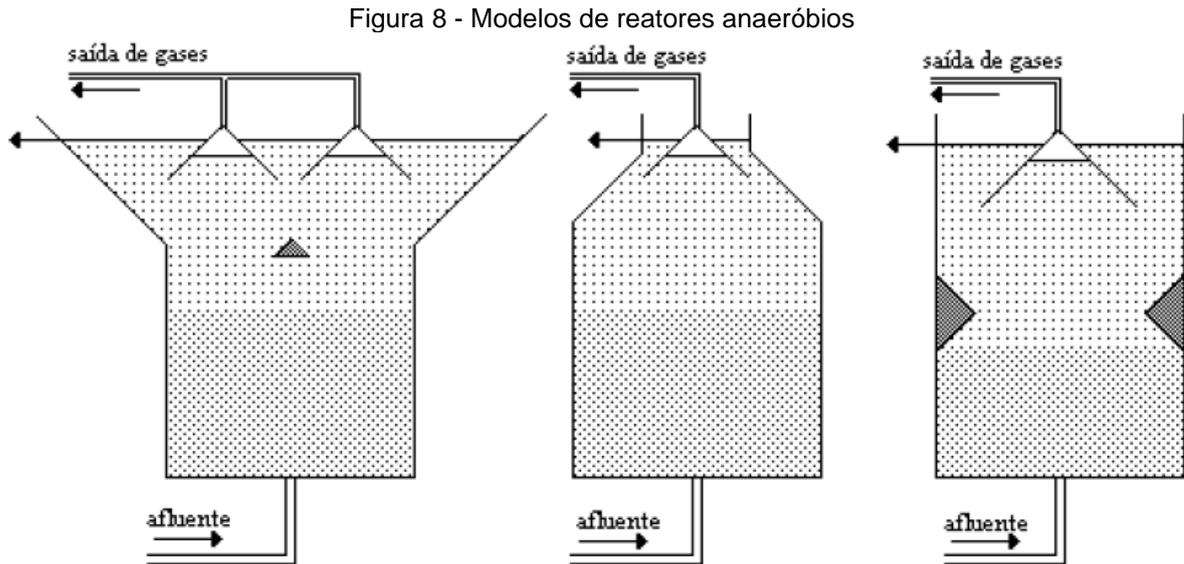
Através da massa biológica que cresce solta dentro do reator se dá o processo de remoção da DBO, formando o leito de lodo e a manta de lodo. No interior do reator ocorre a digestão anaeróbica, onde as bactérias assimilam a matéria orgânica para reproduzir e crescer. Através dessas reações metabólicas, obtém-se o metano, gás carbônico, água, gás sulfídrico e amônia.

O leito de lodo localiza-se no fundo do reator e é o local onde se tem a maior taxa de sedimentação. Conseqüentemente é a região de ocorrência de maior absorção da matéria orgânica. A altura para o compartimento de decantação varia de 1,50 a 2,00 metros. Acima desta camada forma-se a manta de lodo, onde os sólidos orgânicos suspensos são digeridos. A altura do compartimento de digestão deve compreender entre 2,50 e 3,50 metros e a altura total do reator UASB entre 4,00 a 5,00 metros (CHERNICHARO, 2007).

Como principal característica, o reator tem o separador trifásico e o defletor de gases, que separam as fases líquida, sólida e gasosa. A largura mínima da câmara de gás do separador trifásico deve ser de 0,25 metros para garantir a coleta do gás (CHERNICHARO, 2007).

O tempo de detenção hidráulica, bem como a carga orgânica volumétrica é essencial para o bom funcionamento de reator, por garantirem o tempo e a quantidade de esgoto que se consegue tratar. Para esgotos domésticos, tratados na faixa de temperatura em torno de 20°C, adotam-se tempos de detenção hidráulica da ordem de 8 a 10 horas, e a taxa de aplicação superficial $< 0,8\text{m/h}$ para a vazão média e para vazão máxima $< 1,2\text{m/h}$ (CHERNICHARO, 2007).

O gás formado na biomassa, constituído principalmente por metano e CO_2 , se eleva e é coletado por um compartimento na parte superior do RAFA. O destino desse biogás é um queimador de gás.



Fonte: Chernicharo, 2007.

2.3.12 Filtro biológico percolador (FBP)

O filtro biológico percolador é utilizado como pós-tratamento do reator UASB. É um sistema que possui facilidades de operação e manutenção e ainda baixo custo e consumo de energia.

A percolação dos esgotos permite o crescimento bacteriano na superfície do material de enchimento (meio suporte), formando uma película ativa (biofilme), constituída por colônias gelatinosas de microrganismos (zoogleia), de espessura máxima de 2 a 3 mm (METCALF & EDDY, 1991).

O processo do filtro biológico percolador é classificado como aeróbio, porém há bactérias anaeróbias presentes na biomassa do filtro. À medida que o biofilme estabiliza a matéria orgânica retida, novas células são sintetizadas, aumentando conseqüentemente sua biomassa. A passagem de oxigênio então fica prejudicada para as camadas internas, formando-se assim, uma região anaeróbica (PACHECO & PESSOA, 1995).

Os componentes principais de um filtro biológico percolador podem ser divididos em três principais partes: dispositivo de distribuição, camada suporte e sistema de drenagem.

O dispositivo de distribuição possibilita a aplicação uniforme da carga hidráulica de esgotos sobre a superfície do reator biológico, garantindo o contínuo crescimento e desprendimento do biofilme e a otimização do processo de filtração biológica aeróbia.

O meio suporte do FBP é de fundamental importância para o desempenho do processo. Segundo Jordão e Pessoa (1995), existem diversos tipos de materiais que podem ser utilizados, tais como: pedra britada, escória de alto-forno, e de maneira mais eficiente, materiais sintéticos de plástico de várias formas e tamanhos.

O FBP deve conter no fundo um sistema de drenagem em laje perfurada com uma leve inclinação suficiente para transportar o esgoto para o centro do equipamento onde será coletado e encaminhado para o decantador secundário.

2.3.13 Decantador secundário

O decantador secundário funciona como complemento do filtro biológico percolador. Obtém-se um efluente de melhor qualidade para lançamento no corpo d'água através da sedimentação dos sólidos em suspensão.

O decantador secundário, é dimensionado através da taxa de escoamento superficial que deve ser compreendida entre 20 e 30 m³/m².d. O formato mais usual é o cilíndrico (CHERNICHARO, 2007).

O lodo gerado no decantador secundário é mais estabilizado do que o lodo formado nas unidades anteriores do processo. Sua massa específica deve compreender entre 1000 a 1040 kg/m³, bem como sua produção deve ser da ordem de 0,8 a 1,0 kg. Usualmente, o lodo removido do decantador possui uma concentração que varia entre 0,8 a 1,5% (CHERNICHARO, 2007).

2.4 Gerações de resíduos sólidos e seu aproveitamento

Nesse tópico do trabalho se ressalta acerca da remoção dos resíduos sólidos em Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), enfatizando o potencial energético destes resíduos. Além disto, serão apresentadas algumas características desses resíduos, seu processo de tratamento, aproveitamento e disposição.

2.4.1 Fonte de Geração dos resíduos sólidos

2.4.1.1 Gradeamento

O espaçamento entre as barras da grade possui influência no material que será retido, sendo assim, a quantidade e a composição são pouco afetadas pelas características das atividades e ocupação da bacia de esgotamento. Para as grades finas, entretanto, as características da área de contribuição da ETE influenciam no

volume, na quantidade do material removido e na sua composição, destacando os principais parâmetros de influência (MELLO, 2007).

Nas tabelas 3, 4 e 5 é apresentada a quantidade provável de material retido de acordo com o espaçamento das barras, os teores de umidade e pesos específicos, em função do espaçamento das barras e a eficiência do sistema de gradeamento, respectivamente, de acordo com a literatura técnica correlacionada.

Tabela 2 - Quantidade de sólidos grosseiros removidos em função do espaçamento das barras.

Espaçamento (mm)	Quantidade típica de sólidos grosseiros retidos L (1.000 m³)⁻¹
12,5	50
20	38
25	23
35	12
40	9
50	6

Fonte: Jordão e Pessoa (2005).

Tabela 3 - Dados médios das características e quantidades de sólidos grosseiros do esgoto por meio de gradeamento.

Espaçamento (mm)	Teor de umidade (%)	Peso específico (Kg.m⁻³)	Quantidade típica de sólidos grosseiros retidos L (1.000 m³)⁻¹	
			Faixa	Média
12,5	60-90	700 - 1000	37 - 74	50
25	50-80	600 - 1000	15 - 37	22
37,5	50-80	600 - 1000	7 - 15	11
50	50-80	600 - 1000	4 - 11	6

Fonte: Jordão e Pessoa (2005).

Tabela 4 - Eficiência do sistema de gradeamento (E)

Espessura das barras (mm)	Espaço entre as barras (mm)		
	20	25	30
6	75%	80%	83,4%
8	73%	76,8%	80,3%
10	67,7%	72,8%	77%
13	60%	66,7%	71,5%

Fonte: Jordão e Pessoa (2005).

2.4.1.2 Desarenadores

Os desarenadores, também conhecidos como caixa de areia, são unidades que priorizam a remoção e a retenção de detritos constituídos por sólidos abrasivos. Os dispositivos de retenção favorecem o escoamento do esgoto em velocidades que permitam separar o material denso que se deseja remover, o resíduo deve ser

separado em local apropriado para posterior remoção. A velocidade do escoamento horizontal, geralmente, é de $0,30 \text{ m.s}^{-1}$. Ainda assim, há o arraste de partículas menores do que se deseja remover. Caso a matéria orgânica esteja em uma velocidade de $0,15 \text{ m.s}^{-1}$ haverá sedimentação, que causará odores em razão da sua decomposição (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

A areia retida neste processo devem ser adequadamente removida e armazenada. A remoção pode ocorrer de forma manual ou mecanizada. A remoção manual exige a paralisação de um canal da unidade para retenção a areia retida na câmara, na remoção mecânica não precisa paralisar a unidade, pois esta conta com dispositivos transportadores de areia (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

As caixas aeradas promovem, além da remoção da areia, a separação dos óleos, graxas e gorduras presentes no esgoto. No sistema há ocorrência de bolhas introduzidas pela aeração, que são levadas à superfície e formam uma camada de material flutuante, que é retirado pelos raspadores de espuma da ponte rolante e encaminhada a calha de coleta (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

2.4.1.3 Decantador primário

Segundo Jordão e Pessôa (2005) A função dessa unidade é clarificar o esgoto, removendo os sólidos que isoladamente ou em flocos podem sedimentar seu próprio peso.

Ainda segue citando que as partículas que sedimentam que fica no fundo do decantador, formam o chamado lodo primário, que é daí retirado. Também é retirada os flutuantes: espuma, óleos e graxa acumulada na superfície.

Quando ao formato, os decantadores primários podem ser: circulares, quadrados ou retangulares. A remoção de lodo e de flutuantes pode ser mecanizada ou não. As vazões máximas $Q_{max} > 250 \text{ L/s}$, a remoção de lodo deve ser mecanizada e obrigatoriamente deve prever mais de uma unidade.

2.4.1.4 Reator UASB

De acordo com Carvalho (2006), as pesquisas com a tecnologia UASB no Brasil surgiram nos anos 80 em esgoto sanitário e, logo depois, em esgotos industriais.

Neste sistema existem duas formas para a retenção de lodo: o filtro anaeróbio e o chamado “reator de manta de lodo” ou reator UASB. Neste último, as bactérias formam uma zona ou manta de lodo no interior do reator, ele também é denominado de Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente - DAFA ou Reator Anaeróbico Fluxo Ascendente – RAFA (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

Nos processos de tratamento nos reatores UASB o fluxo predominante é o ascendente, no qual o líquido entra pelo fundo e, posteriormente, se encontra com a camada de digestão. Existem duas camadas no leito do reator, o leito de lodo e a manta de lodo. O leito de lodo possui como características uma densidade muito alta e uma elevada capacidade de sedimentação, os materiais mais dispersos e leves ficam na parte superior do reator, na chamada manta de lodo, em que os sólidos se sedimentam com velocidades mais baixas. A junção do leito de lodo com a manta de lodo constitui a camada de digestão (VON SPERLING, 2005).

2.4.2 Tratamento dos resíduos sólidos

2.4.2.1 Tratamento dos resíduos do gradeamento

Segundo Tomiello (2008), os resíduos retirados das grades passam por alguns processos antes de sua disposição final, visando diminuir o volume, reduzir a exalação de odores e proliferação de insetos ou apenas facilitar seus manuseios. Tais processos e operações são apresentados conforme segue abaixo.

➤ Lavagem: visa à retirada do material putrescível que fica na superfície dos resíduos, essa lavagem pode ser feita por meio de dispositivos mecânicos ou manual.

➤ Secagem (desaguamento): a água livre presente nos resíduos pode ser retirada mediante soluções simples, colocando os materiais em canaletas perfuradas ou através de dispositivos mecânicos (prensa, parafuso-sem-fim, transportadora) em estações maiores. O objetivo principal é reduzir o volume (que pode chegar a 75%) e eliminar os inconvenientes da armazenagem e transporte do material úmido.

➤ Controle de odor e de proliferação de insetos: é a prática usual aspergir camada de cal hidratada sobre os resíduos estocados, de aproximadamente 0,50 a 1,0 kg.m⁻² diariamente ou conforme seja necessário. Também pode ser utilizados sistemas de coberturas dos tambores ou caçambas com lonas ou tampas móveis.

O aproveitamento do gradeamento deve ser cuidadosamente monitorado, por apresentar um potencial ofensivo para a saúde humana e para o meio ambiente, devido às suas características, tal como a densidade elevada de microrganismos patogênicos. No Brasil, usualmente, os resíduos do gradeamento são encaminhados para aterros sanitários e lixões.

De acordo com a Resolução CONAMA n.º 375/06, não é permitida a utilização agrícola dos resíduos provenientes de gradeamento.

Nos Estados Unidos, em algumas das grandes estações de tratamento de esgoto, os resíduos do gradeamento são incinerados juntos com outros sólidos, como o lodo gerado nos processos biológicos e areia removida nos desarenadores. Na incineração dos resíduos é gerado um gás que é aproveitado na própria estação, entretanto, essa alternativa demanda muitos cuidados, pois gera uma série de outros resíduos sólidos, como as cinzas e líquidos oriundos do sistema de tratamento de gases, que devem ser destinados de maneira adequada (JORDÃO e PESSOA, 2005).

2.4.2.2 Tratamento do lodo

A alternativa de tratamento de lodos provenientes de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's) tem se tornado comum no Brasil, em decorrência do aumento de ETE's instaladas e da necessidade de se atender a legislação ambiental vigente. A crescente preocupação quanto à disposição segura e impacto ambiental do lodo gerado propicia o desenvolvimento de novas tecnologias que reflitam em menor produção de lodo, garantindo maior segurança e bem-estar para as populações abrangidas (CORREIA, 2009).

2.4.2.3 Adensamento

O adensamento, também conhecido como espessamento, consiste no processo físico de concentração de sólidos no lodo, com o intuito de reduzir sua umidade e, conseqüentemente, seu volume, facilitando as etapas subseqüentes e a disposição final. Cabe ressaltar que a redução do volume acarreta na redução do custo de implantação e operação das unidades seguintes (VON SPERLING, 2005).

2.4.2.4 Estabilização

O lodo removido dos esgotos nas estações de tratamento é normalmente submetido ao processo de digestão. A digestão do lodo é, geralmente, realizada por meios aeróbios ou anaeróbios, tendo a finalidade de dotá-los de um grau de tratamento técnico e economicamente viável à sua utilização ou disposição final, sem alterar, além dos parâmetros recomendáveis, as condições sanitárias favoráveis à proteção do meio ambiente que se pretende preservar (JORDÃO, 1995).

2.4.2.5 Condicionamento

O condicionamento do lodo se trata de uma etapa anterior ao desaguamento e, no processo mecanizado, influencia diretamente na eficiência do sistema. O condicionamento pode ser realizado por meio do uso de produtos químicos inorgânicos, orgânicos ou de tratamento térmico (VON SPERLING, 2005).

2.4.2.6 Desidratação

O processo de desidratação do lodo consiste em uma operação unitária que promove a redução do volume do lodo em excesso por meio da diminuição de seu teor de umidade. A capacidade de desidratação varia conforme o tipo de lodo. Por exemplo, o lodo ativado é mais dificilmente degradado do que o lodo primário digerido anaerobicamente (ANDREOLI, 2001).

Segundo Andreoli (2001), o tipo de sólido está relacionado diretamente com a capacidade de desidratação e a forma pela qual a água está ligada as partículas do lodo. As principais razões para realizar o processo de desidratação são elencadas abaixo:

- Melhoria nas condições de manejo do lodo, já que desaguado é mais facilmente transportado.
- Redução do custo de transporte para o local de disposição final.
- Aumento do poder calorífico do lodo por meio da redução da umidade com vistas à preparação para incineração
- Redução do volume para disposição em aterro sanitário ou reuso na agricultura.

Os processos de tratamento e disposição final do solo sofrem mudanças constantes em razão dos avanços tecnológicos, entretanto os principais processos

utilizados atualmente para a remoção de umidade do lodo são: os leitos de secagem, a lagoa de lodo, o filtro prensa, o filtro de esteira, as centrífugas e a secagem térmica (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

2.4.2.7 Leitos de secagem (secagem natural)

Os leitos de secagem são unidades de tratamento, geralmente em forma de tanques retangulares, projetadas e construídas de modo a receber o lodo dos digestores. Neles se processa a redução de umidade do lodo com a drenagem e evaporação da água liberada durante o período de secagem (JORDÃO, 1995).

No interior do leito de secagem estão presentes dispositivos que possibilitam a drenagem da água contida no lodo, como: soleira drenante, camada suporte e sistema de drenagem.

O lodo não deve ser aplicado sobre camadas previamente drenadas, pois acarreta na formação de camada líquida estanque. Caso haja a formação dessa camada, a secagem do lodo pode se tornar muito lenta.

O sistema de drenagem é constituído de tubos assentados com juntas abertas, colocadas no fundo do tanque, que deve ser plano e impermeável, com inclinação mínima de 1% no sentido do coletor principal de escoamento do líquido filtrado (ANDREOLI, 2010).

Para dimensionamento dos leitos de secagem, deve-se definir o ciclo de operação, geralmente entre 15 e 20 dias, bem como a taxa nominal de aplicação de sólidos no leito, usualmente entre 10 e 15 kg SST/m² (CHERNICHARO, 2007).

2.4.3 Alternativas para disposição final do lodo

A incineração, o aterro sanitário, a compostagem e a reciclagem agrícola são umas das alternativas usuais para disposição do lodo.

2.4.3.1 Aterro sanitário

A forma de disposição final de resíduos urbanos no solo por meio do seu confinamento em camadas cobertas com terra, atendendo as normas ambientais, é conhecida como aterro sanitário, sua operação deve evitar os danos ou riscos à saúde pública e segurança, para diminuir os impactos ambientais (ANDREOLI, 2001).

O lodo direcionado ao aterro deve ser coberto logo após ser depositado, para evitar transtornos, tais como, odor e insetos. O lodo pode penetrar e contaminar o lençol freático. Portanto, é imprescindível que o aterro sanitário seja construído de forma adequada para evitar esse contágio (ANDREOLI, 2001).

2.4.3.2 Incineração

É uma técnica aplicada para reduzir o volume e a contaminação do lodo por meio da oxidação térmica.

Cabe ressaltar que a referida técnica gera um custo elevado por tonelada e problemas secundários de poluição atmosférica, bem como a geração de cinzas, que devem ter destinação adequada. Sendo mais adequada aos grandes centros ou em situações onde a quantidade do lodo impeça a utilização de alternativas, como sua reciclagem agrícola, geralmente relacionada ao seu conteúdo de metais pesados (ANDREOLI, 2001).

2.4.3.3 Compostagem

A compostagem é um tratamento natural do lodo, neste processo é promovido um aumento na temperatura, que acarreta na desinfecção dos resíduos e resulta em um composto final de grande valia para agricultura (ANDREOLI, 2005).

2.4.3.4 Reciclagem agrícola

A reciclagem agrícola pode ser definida como um método de baixo custo e grande importância no qual há um retorno de nutriente ao solo. Este processo deve ser bastante controlado e monitorado o uso do lodo, também uma desinfecção e esterilização devem ser realizadas antes da aplicação (ANDREOLI, 2005).

2.4.4 Gerações de energia a partir de resíduos sólidos

Existem diversas tecnologias disponíveis que envolvem o processo térmico de resíduos, tais como, a incineração, a co-combustão, a pirólise, a gaseificação e o processamento biológico.

2.4.4.1 Pirólise

A partir da década de setenta, com a crise energética, a pirólise passou a ser mais estudada, pois, como processo, é um dos menos irreversíveis. Ela permite a recuperação de energia através da decomposição térmica dos detritos, como por exemplo, lodo de estação de tratamento de efluente, em atmosfera controlada.

O processo de pirólise ou carbonização é o mais simples e mais antigo processo de conversão de combustível (normalmente lenha) em outro de melhor qualidade e conteúdo energético (carvão, essencialmente) (KRAUSE, 1990).

2.4.4.2 Gaseificação

O processo de gaseificação consiste na decomposição térmica da matéria sólida em gás combustível, na presença de uma fonte de calor e de uma quantidade de oxigênio abaixo do mínimo necessário para realização da combustão. Um insumo energético limpo e flexível no uso e manuseio é o resultado deste processo (KRAUSE, 1990).

2.4.4.3 Incineração

Na incineração o resíduo é queimado em uma temperatura em torno de 500° C e 900° C, no interior de uma câmara primária, para que algumas substâncias se tornem em gases e outras se transformem em pequenas partículas. A alimentação de oxigênio nessa câmara é subestequimétrica, evitando-se assim gradientes elevados de temperatura. Com as condições controladas, pode se evitar o acréscimo de metais presentes no resíduo, como chumbo, cádmio, mercúrio, dentre outros. Com tudo, há diminuição da formação de óxidos nitrosos, que aparece em elevadas temperaturas (ARANDA, 2001).

A etapa gasosa gerada na câmara primária é conduzida para a câmara secundária, no qual a mistura de gases e partículas é queimada em alta temperatura em um intervalo de tempo que promova a combustão completa. Nessa fase, a atmosfera é altamente oxidante (excesso de oxigênio) e, normalmente, a temperatura de projeto varia em torno de 750° C, a possibilidade de existência de moléculas com grande número de átomos como dioxinas e furanos, compostos altamente nocivos as seres humano, é praticamente desprezível.

Os produtos originados nesse processo são: os gases, que devem ser tratados de forma adequada antes de serem enviados para atmosfera, para reduzir a concentração de alguns poluentes gasosos presentes e material particulado; as cinzas, que são em sua maioria formadas por constituintes inorgânicos que estavam presentes nos resíduos; e o calor (ARANDA, 2001).

A incineração de resíduos para fins energéticos também é denominada de *Waste to Energy (WTE)*, em que se utiliza a incineração para produzir o vapor que irá gerar energia elétrica ou será usado diretamente em processos industriais (ou para aquecimento). Pode-se afirmar que a eficiência da energia elétrica está relacionada diretamente com a capacidade da transformação calorífica do material incinerado (ARANDA, 2001).

3 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos traçados, resultados e conclusão da pesquisa proposta foram utilizados os seguintes materiais e procedimentos metodológicos:

3.1 Desenho do Estudo

A prossecução do presente trabalho se tornou viável mediante a realização de estudos de casos múltiplos e utilização de pesquisa bibliográfica acerca do tema proposto.

Foram usados dados primários provenientes de abordagem aos profissionais da área por meio de entrevistas e visitas *in loco*, bem como dados secundários obtidos em publicações periódicas e materiais disponibilizados em meio eletrônico.

O trabalho foi desenvolvido a partir de estudos de casos nas ETE's de Palmas, denominadas de Norte, Aurenny e Prata.

Trata-se de um estudo exploratório realizado por meio de observações no campo. Foram analisadas as etapas que geram resíduos e o sua destinação. A pesquisa foi devidamente autorizada e acompanhada por um responsável técnico da empresa Foz Saneatins.

No estudo foram analisadas onde são aplicadas as técnicas para o aproveitamento dos respectivos resíduos sólidos provenientes das Estações de Tratamento de Esgoto.

3.2 Objeto do Estudo

A proposta primordial do presente trabalho consistiu em diagnosticar as técnicas para aproveitamento de resíduos sólidos ETE's Norte, Aurenny e Prata e apresentar propostas que vem sendo utilizadas para o seu reaproveitamento na construção civil.

O Quadro 1 apresenta o protocolo de pesquisa, recomendado por Yin (2010), que serviu para nortear a execução da pesquisa em cada um dos casos, aumentando a confiabilidade do estudo.

Quadro 1 – Protocolo utilizado na pesquisa

Visão Geral do Projeto
<p>Objetivo: explorar técnicas de aproveitamento de resíduos sólidos proveniente da Estação de Tratamento de esgoto para a construção civil.</p> <p>Assuntos do estudo: Estações de Tratamento de Esgoto; resíduos gerados e técnicas de aproveitamento de resíduos.</p> <p>Leituras relevantes: Leis ambientais, Resolução (Conama 375/06) Conselho Nacional do meio Ambiente.</p>
Procedimentos de Campo
<p>Apresentação das credenciais: Foi elaborado um ofício junto Centro Universitário Luterano de Palmas contendo os pedido de entrada na ETE's. O ofício foi encaminhado o presidente da Foz Saneatins no intuito de obter informações dos resíduos geradas no tratamento preliminar e volume de lodo, além do mais, obter informações dos sistemas operacionais das ETE's.</p> <p>Acesso aos Locais: foi disponibilizada a entrevista e visita na ETE's Norte, Aurenly e prata.</p> <p>Fonte de Dados: Primárias (visita as ETE's) e secundárias (bibliográfica e documental).</p> <p>Advertências de Procedimento: Não se aplica.</p>
Questões investigadas no estudo
<ol style="list-style-type: none"> a. Organização da ETE b. Instalações e resíduos gerados c. Técnicas de aproveitamento de destino final dos resíduos
Esboço para o relatório final
<p>Apresentar a relação entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Práticas recomendadas e as práticas implementadas na ETE's; • Propor alternativas de aplicação para os resíduos na construção civil; • Apresentar possíveis alternativas para melhoria do processo implementado; • Recomendar estudos futuros

Fonte: Adaptado de Yin (2010)

3.3 Materiais e Métodos de Análise

A princípio foi solicitada, por intermédio de ofício, a autorização para entrada e registro fotográficos nas Estações de Tratamento de Esgoto.

Posteriormente, foi realizada a visita de todos os sistemas operacionais das ETE's, analisando o tipo de tratamento utilizado, a entrada do afluente e a identificação dos tipos de resíduos sólidos gerados.

Por fim, foi solicitado outro ofício junto ao CEULP/ULBRA, requisitando informações à empresa Foz Saneatins acerca do quantitativo de resíduos gerados em cada etapa de tratamento das ETE's.

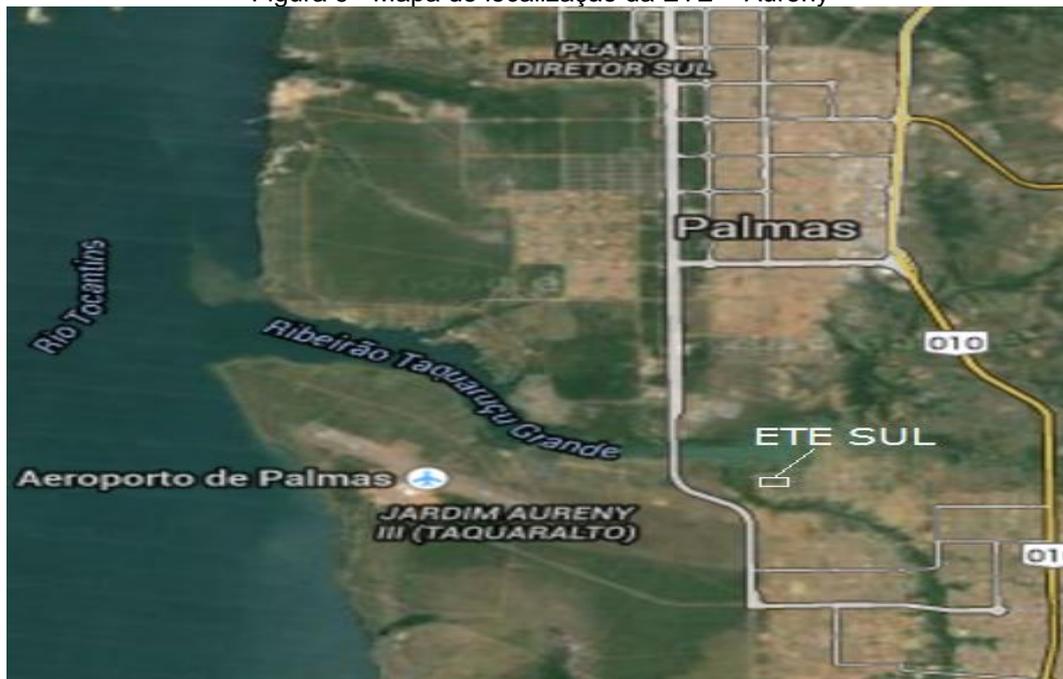
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ETE Aurenny

A Estação de Tratamento de Esgoto do Aurenny se situa próxima ao Aeroporto Brigadeiro Lysias Rodrigues e a ponte do ribeirão Taquaruçu. Sua estrutura é composta por sistema de lagoas em série e recebe esgoto dos bairros Aurenny I, II, e III e de caminhões limpa fossa que descarregam o líquido antes do tratamento preliminar.

De acordo com o relatório operacional do ano 2015, produzido pelo setor de operação das ETE's, o volume de esgoto tratado é de 73.240,72 m³ por mês, o volume de despejo de caminha limpa fossa é de 4.939,86 m³ por mês, e a vazão média de 100,53 m³/h.

Figura 9 - Mapa de localização da ETE – Aurenny



Fonte: Adaptado de Google Earth (2015)

4.1.2 Processos de tratamento de Esgoto e resíduos sólidos gerados na ETE Aurenny

O processo de tratamento na ETE Aurenny pode ser caracterizado conforme as etapas descritas abaixo:

- a) 1ª Etapa: Chegada do esgoto bruto

A entrada do efluente na ETE por meio dos caminhões limpa fossa e tubo de chegada em ferro fundido.

O efluente é coletado nas casas, prédios, escolas, indústrias e outros imóveis de Palmas, através de redes coletoras em algumas quadras, bem como de caminhões limpa fossa nas áreas em que não há rede coletora disponível.

b) 2ª Etapa: Gradeamento

Na figura 10 podem ser visualizadas as grades de limpeza empregadas no tratamento preliminar, que tem a finalidade de proteger os equipamentos do sistema de tratamento de efluentes e são constituídas por barras de aço paralelas de 2,5 cm de diâmetro inclinadas a 45 graus em relação ao fluxo dos efluentes, retendo o material grosseiro transportado pelas águas residuárias.

Nessa etapa o esgoto doméstico traz consigo sólidos grosseiros (estopas, plásticos, papéis, etc.) que, em casos normais, são facilmente separáveis. A sua retirada do esgoto é importante para o perfeito funcionamento da ETE, seja pela eficiência do tratamento biológico ou pelo bom desempenho dos equipamentos existentes.

A grade de limpeza média encontra-se instalada com barras de aço paralelas, posicionadas em inclinação ao fluxo dos efluentes, retendo o material grosseiro transportado pelas águas residuárias que passam pelas barras paralelas do tratamento primário.

Figura 10 - Grades do tratamento primário



Fonte: Do autor (2015)

c) 3ª Etapa: Desarenador

O desarenador, também conhecido como caixa de areia, encontra-se presente na ETE AURENY, e tem o propósito de segregar a areia e outros detritos do efluente que vai para o processo de tratamento.

A estrutura foi implantada na forma de um tanque de concreto quadrado com cantos arredondados. Após o efluente passar pelo sistema de gradeamento, flui pela ação gravitacional em canal aberto até chegar ao desarenador através dos defletores reguláveis, permitindo que o efluente adentre de maneira distribuída nos demais processos de tratamento.

Figura 11 - Caixa de areia (Desarenador)



Fonte: Do autor (2015)

d) 4ª Etapa: Calha Parshall

Na figura 14 é demonstrado o Medidor de Vazão (Calha Parshall), que permite conhecer o volume de efluente tratado e lançado no corpo receptor. Estes equipamentos são instalados na saída do efluente final e a leitura da vazão é feita por meio da visualização da régua instalada na parte interna do medidor, que mostra o resultado em metros cúbicos por hora (m^3/h).

Figura 12 - Medidor de vazão (Calha Parshall - entrada)



Fonte: Do autor (2015)

e) 5ª Etapa: Lagoa em série

Na ETE Aurenly podem ser identificados três tipos de lagoas, sendo elas a lagoa anaeróbia, facultativa e de maturação.

Nas lagoas anaeróbias ocorrem, simultaneamente, os processos de sedimentação e digestão anaeróbia, na ausência de oxigênio. A profundidade de projeto é de 4,50 metros.

Na lagoa facultativa é possível distinguir zonas de anaerobiose, aerobiose e facultativa, ou seja, zonas em que a decomposição da matéria orgânica ocorre preferencialmente em presença do oxigênio, zonas com ausência do oxigênio, na qual a estabilização depende de sulfatos, nitratos ou CO_2 e, ainda, a situação cujo processo pode ocorrer nas duas condições anteriores. A profundidade de projeto é de 2,0 metros.

As lagoas de maturação são definidas como lagoas de menor profundidade, onde a penetração da radiação solar ultravioleta e as condições ambientais desfavoráveis causam uma elevada mortalidade dos patogênicos, geralmente a profundidade não é maior que 1,0m.

Nessas lagoas não há produção significativa de lodo, portanto o mesmo é removido de 10 em 10 anos, de acordo com a empresa Foz Saneatins.

Figura 13 - Vista geral da Lagoa Anaeróbia da ETE AURENY



Fonte: Do autor (2015)

f) 6ª Etapa: Estação elevatória

A estação elevatória opera por intermédio de um sistema composto por duas bombas alternadas, que puxam o esgoto da lagoa de maturação e o lançam diretamente para o flotador.

Figura 14 - Flotador



Fonte: Do autor (2015)

O flotador demonstrado na figura 14 opera por meio de um sistema com três bombas de ar alternadas, que fazem um processo de separação de partículas via adesão de bolhas. A unidade partícula-bolha apresenta uma densidade menor que a do meio aquoso e flutua até a superfície da célula de flotação, de onde partículas são removidas. O flotador é composto por sistema de polímero aniônico, constituído de duas bombas trabalhando alternadamente, um misturador e tanque de cloreto.

Figura 15 - Contêiner com resíduos sólidos para deposição no aterro sanitário



Fonte: Do autor (2015)

Os responsáveis pela operacionalização da ETE fazem a limpeza manual duas vezes ao dia, com a remoção de materiais sólidos de toda natureza, presentes ou lançados inadequadamente na água residuária.

O material coletado no processo de limpeza e remoção dos sólidos é disposto em contêiner e, posteriormente, encaminhado para disposição final no aterro sanitário de Palmas.

4.2 ETE Norte

A ETE Norte se localiza próxima à praia das Arnos, conforme a figura 16, sendo a maior Estação de Tratamento de Esgoto do estado do Tocantins, com média de 128 L/s de esgoto tratado por dia e capacidade de 620 L/s por dia. A ETE é responsável pelo tratamento de 60% do esgoto coletado em Palmas.

Figura 16 - Mapa de localização da ETE - Arnos



Fonte: Adaptado de Google Earth (2015)

O sistema é composto pelas seguintes unidades:

- Tratamento preliminar com peneiras e desarenador mecanizado;
- Estação elevatória de esgoto bruto;
- Tratamento primário com Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente – UASB;
- Tratamento secundário com Reator de Lodos Ativados;
- Tratamento terciário com decantação assistida, tratamento do lodo gerado em tanques de lodo, pátio de lodo e queimas de gás.

4.2.1 Processos de tratamento de Esgoto e resíduos sólidos gerado na ETE Norte

Na ETE Norte, a primeira fase de tratamento do esgoto é líquida, ou seja, voltada para o tratamento do efluente, enquanto a segunda fase é sólida, na qual o tratamento é direcionado apenas para os resíduos gerados (lodo).

a) 1ª Etapa: Peneira Mecanizada e Desarenador

Essa etapa conta com peneira mecanizada onde é realizada a remoção de materiais sólidos grosseiros, logo após passa pelo desarenador no qual há a remoção da areia.

Figura 17 - Peneira mecanizada ETE Norte



Fonte: Do autor (2015)

b) 2ª Etapa: Reator UASB

Ao passar pela estação elevatória de esgoto bruto, o mesmo é conduzido para as entradas localizadas na parte superior do reator, conforme demonstrado na figura 18, e é transportado pelo meio de tubulações para a parte inferior do reator, iniciando assim o fluxo ascendente do efluente até a área de digestão.

Figura 18 - Vista interna dos reatores UASB ETE Norte



Fonte: Do autor (2015)

c) 3ª Etapa: Tanque de Aeração

Nesta etapa, a matéria orgânica é removida por reações bioquímicas, realizadas por microrganismos aeróbios (bactérias, protozoários, fungos etc).

A base de todo o processo biológico é o contato efetivo entre esses organismos e o material orgânico contido nos efluentes, de tal forma que esse possa ser utilizado como alimento pelos microrganismos. Os microrganismos convertem a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular (crescimento e reprodução dos microrganismos).

Figura 19 - Vista interna do Tanque de Aeração ETE Norte



Fonte: Próprio autor (2015)

d) 4ª Etapa: Decantador

Nessa etapa ocorre a clarificação do efluente e o retorno do lodo.

Os decantadores exercem papel fundamental no processo de lodos ativados, por meio da separação dos sólidos suspensos presentes no tanque de aeração, permitindo a saída de um efluente clarificado, e pela sedimentação dos sólidos em suspensão no fundo do decantador, permitindo o retorno em concentração mais elevada.

O efluente do tanque de aeração é submetido à decantação, onde o lodo ativado é separado, voltando para o tanque de aeração. O retorno do lodo é necessário para suprir o tanque de aeração com uma quantidade suficiente de microrganismos e manter uma relação alimento microrganismo capaz de decompor com maior eficiência o material orgânico. O efluente líquido oriundo do decantador secundário pode ser descartado diretamente para o corpo receptor.

Figura 20 - Vista do Decantador ETE Norte



Fonte: Próprio autor (2015)

Nesta etapa acontece à separação entre sólidos e líquidos através das centrifugas, conforme a figura 21. A torta de sólidos formada é transportada por uma rosca transportadora até a caçamba de lodo.

Figura 21 - Sistema de desidratação do lodo ETE Norte



Fonte: Próprio autor (2015)

e) 6ª Etapa: Leito de secagem

Nessa etapa o lodo retirado do processo de digestão do UASB é centrifugado e levado para o leito de secagem, conforme demonstra a figura 22.

Figura 22 - Leito de Secagem



Fonte: Próprio autor (2015)

4.3 ETE Prata

A Estação de Tratamento de Esgoto da Prata está localizada entre as Quadras 607 e 709 sul, próxima da Avenida LO – 15, conforme a figura 11. A sua

capacidade instalada pode atender uma vazão média de 70 L/s, operando atualmente com uma vazão média de 55 L/s.

Figura 23 - Mapa de localização da ETE Prata



Fonte: Adaptado de Google Earth (2015)

O sistema que compõe a ETE Prata é constituído pelas seguintes unidades:

- Tratamento preliminar com peneira mecanizada e desarenador mecanizado;
- Estação elevatória de esgoto bruto;
- Tratamento primário com reator anaeróbio de fluxo ascendente – UASB;
- Tratamento terciário com flotação ar dissolvido e tratamento do lodo gerado com tanque de lodo, centrífuga e queima de gás.

4.3.1 Processos de tratamento de Esgoto e resíduos sólidos gerado na ETE Prata

A ETE Prata conta com um sistema de tratamento de esgoto na fase líquida e sólida. A estrutura da ETE pode ser visualizada na figura 24.

Figura 24 - Estação de Tratamento de Esgoto Prata



Fonte: Próprio autor (2015)

a) 1ª Etapa: Chegada do esgoto bruto

O esgoto da ETE Prata entra por três Estações Elevatórias de Esgoto, a EEE Atacadão, EEE Militar e EEE da Praia do Prata, e atende todas as quadras vizinhas. Na Figura 25 é demonstrada a chegada do esgoto bruto.

Figura 25 - Chegada do esgoto bruto



Fonte: Próprio autor (2015)

b) 2ª Etapa: Grades e peneiras

Nesta etapa serão retirados os resíduos grosseiros das grades, tais como: pedaços de tecido, papel, plásticos, metais, madeira, restos vegetais, animais mortos, ossos, dentre outros, os quais podem prejudicar ou interferir na operação de bombas e equipamentos das estações de tratamento.

Figura 26 - Grades do tratamento primário



Fonte: Próprio autor (2015)

c) 3ª Etapa: Desarenador Mecanizado

Nesta fase, o esgoto passa pelo desarenador mecanizado, no qual são removidas todas as partículas de areia, e, posteriormente, é direcionado a Calha Parshall.

Figura 27 - Desarenador Mecanizado



Fonte: Próprio autor (2015)

d) 4ª Etapa: Elevatória

O esgoto é conduzido para a estação elevatória, demonstrada na figura 28, onde as bombas o encaminham para o Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente – UASB.

Figura 28 - Estação Elevatória



Fonte: Próprio autor (2015)

e) 5ª Etapa: Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente - UASB

Nesta etapa, o esgoto é transportado para o Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente – UASB, representado na figura 29, sendo conduzido em tubulações para a parte superior, para iniciar o processo de digestão.

Figura 29 - Reator anaeróbio de fluxo ascendente - UASB



Fonte: Próprio autor (2015)

f) 6ª Etapa: Flotador

Após o processo de digestão, as partículas menores que ainda restam no esgoto são submetidas à reação com produtos químicos compostos por polímero aniônico onde o esgoto é adensado e as partículas menores do meio aquoso flutuam

até a superfície da célula de flotação, no qual serão raspadas e encaminhadas para o separador de lodo. Na figura 30 é demonstrado o flotador.

Figura 30 - Reator anaeróbio de fluxo ascendente - UASB



Fonte: Próprio autor (2015)

g) 7ª Etapa: Tanques de lodo + Centrífuga

Nesta etapa, a centrífuga, visualizada na figura 31, separa a parte sólida do líquido, que é lançada no córrego Prata, enquanto a parte sólida é direcionada para o leito de secagem.

Figura 31 - Centrífuga



Fonte: Próprio autor (2015)

h) 8ª Etapa: Leito de Secagem

Nesta etapa, o lodo que é retirado do reator UASB e da centrífuga é direcionado para os leitos de secagem, conforme a figura 32, onde ocorre a desidratação.

Figura 32 - Leito de Secagem



Fonte: Próprio autor (2015)

4.4 Aproveitamentos de resíduos da ETE na construção civil

O aproveitamento dos resíduos provenientes de estações de tratamento de esgoto na indústria da construção civil corrobora com o Art. 9º da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.651 de 2010, que estabelece que todos os resíduos deverão ser reaproveitados e/ou tratados e somente os rejeitos resultantes destes processos poderão ser dispostos em aterros sanitários.

Visando demonstrar o quão mais vantajoso se torna para a nossa sociedade o aproveitamento destes materiais, Borges (2014) avaliou a potencialidade dos resíduos removidos na etapa preliminar da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), dentre eles a capacidade da aplicação dos sólidos sedimentáveis captados nos desaneradores como agregado para argamassa e concreto não estrutural na construção civil, tomando como estudo de caso a ETE Monjolinho em São Carlos, São Paulo.

A pesquisa de Borges (2014) concluiu que há potencialidade para o aproveitamento na produção de agregado para argamassa e concreto não estrutural na construção civil a autora afirma que há viabilidade técnica, econômica e ambiental na utilização da areia residual, desde que a mesma seja submetida a procedimentos de limpeza e secagem.

Gasparim (2013) também realizou estudo objetivando verificar a viabilidade de aproveitamento de resíduos de tratamento de esgotos na indústria da construção civil, avaliando a potenciabilidade da areia e do lodo. O autor propõe que a areia deve ser lavada com água de reuso e que deve ocorrer a sua desinfecção térmica

utilizando energia de biogás produzido na própria ETE. Os ensaios de caracterização da matéria prima e dos blocos produzidos para alvenaria estrutural apresentaram resultados satisfatórios, enfatizando-se como vantagens a fina granulometria do material, a redução de custos e a eliminação de um passivo ambiental.

Pires et al (2012) analisaram a incorporação do lodo de esgoto em tijolos cerâmicos, por meio de estudo de caso na ETE Camanducaia, no município de Jaguariúna/SP. Na fabricação dos corpos de prova, foram analisadas dosagens de 10%, 20% e 30% de adição de lodo e, após os testes de absorção de água, umidade de extrusão, retração e resistência, os autores observaram que, quanto maior a adição de lodo, maior a conformidade do produto com as normativas vigentes.

Silva et al (2015) analisaram a viabilidade da incorporação de lodo de ETE em massa cerâmica para produção de blocos. Para tanto, foram coletadas amostras na ETE Verde da SANEPAR, no município de Ponta Grossa-PR, e de argila da Cerâmica São Gerônimo, no município de Prudentópolis-PR. O método de caleação foi utilizado para promoção da estabilização, desinfecção química e térmica por meio da adição e mistura da cal ao lodo numa porcentagem de 30% a 50% da massa seca de lodo. Foram estudadas composições com adições de 5 a 50% em massa do lodo na massa cerâmica, sendo que a adição do lodo até 25% da massa da argila atendeu, conforme o estudo, aos parâmetros preconizados pelas normas vigentes para fabricação dos blocos cerâmicos.

Paiva (2007) concluiu quanto à viabilidade da utilização de lodo de ETE de indústria de papel na produção de compósitos cimentícios destinados para a construção civil, por meio da caracterização do resíduo e estudo de diferentes teores de adição (5%, 10%, 20% e 30%) em argamassa de cimento e areia, com relação de água e cimento de 0,65, obtendo um ponto ótimo de incorporação de 12% para as duas empresas utilizadas na pesquisa.

4.5 Técnicas de aproveitamento dos resíduos sólidos nas ETE's Aurenly, Prata e Norte

Segundo PROSAB (2013) a disposição final dos resíduos nos sistemas de tratamento de esgoto representa um grande problema de âmbito mundial, por razões técnicas e econômicas. A disposição desses resíduos é uma operação complexa

que geralmente ultrapassa os limites da estação e exige a interface com outras áreas de conhecimento. Sua gestão, normalmente representa 20 a 60% dos custos operacionais de uma ETE. No Brasil a coleta esgotos atende a 40,12% da população urbana. Do volume coletado, apenas 40% atualmente recebe tratamento adequado, gerando perspectivas significativas de crescimento e de geração resíduos. Grande parte deste resíduo, até recentemente, era lançada indiscriminadamente em rios. No entanto, com a evolução da legislação ambiental, as operadoras vêm sendo obrigadas a destinar adequadamente estes resíduos. Nos tópicos abaixo foram demonstradas possíveis alternativas para disposição final dos resíduos nas ETE's Aurenny, Norte e Prata.

4.5.1 ETE Aurenny

4.5.1.1 Gradeamento

Na tabela 5, encontram-se dados referentes ao volume mensal de resíduos retidos nas grades, no ano de 2014, totalizando 47,62 m³, que tiveram como destinação o aterro sanitário da ETE Norte. Ainda nesse ano, 4,98 m³ dos resíduos removidos foram encaminhados para o aterro sanitário municipal de Palmas.

Tabela 5 - Gradeamento na ETE Aurenny no ano de 2014

ETE Aurenny 2014 Gradeamento				
Mês	Volume (m³)	Destino	Nº de viagens	Distância Média por viagem (ida e volta), em Km
Janeiro	8,134	Aterro Sanitário ETE Norte	2	20
Fevereiro	4,205	Aterro Sanitário ETE Norte	2	20
Março	3,474	Aterro Sanitário ETE Norte	2	20
Abril	3,931	Aterro Sanitário ETE Norte	2	20
Maio	5,329	Aterro Sanitário ETE Norte	2	20
Junho	3,956	Aterro Sanitário ETE Norte	2	20
Julho	4,024	Aterro Sanitário ETE Norte	2	20
Agosto	4,456	Aterro Sanitário ETE Norte	2	21
Setembro	5,366	Aterro Sanitário ETE Norte	2	21
Outubro	4,74	Aterro Sanitário ETE Norte	2	21
Novembro	4,98	Aterro Municipal	2	
Dezembro	0	Aterro Municipal	0	
TOTAL	47,615	Aterro Sanitário ETE Norte		
TOTAL	4,98	Aterro Municipal		
TOTAL GERAL	52,595			

Fonte: Foz Saneatins (2014)

Na tabela 6, referente aos meses de janeiro a setembro período do corrente ano, foram removidos 11,37 m³ de resíduos do gradeamento e destinados ao aterro municipal de Palmas. No mesmo período, 14,30 m³ de resíduos foram dispostos no aterro sanitário da ETE Norte.

Tabela 6 - Gradeamento na ETE Aurenly no ano de 2015

ETE Aurenly 2015 Gradeamento				
Mês	Volume (m³)	Destino	Nº de viagens	Distância Média por viagem (ida e volta) Km
Janeiro	2,84	Aterro Municipal	1	17
Setembro	2,37	Aterro Municipal	1	17
Março	1,66	Aterro Municipal	1	17
Abril	2,13	Aterro Municipal	2	17
Maio	2,37	Aterro Municipal	1	17
Junho	5,97	Aterro Sanitário ETE Norte	2	0,4
Julho	2,84	Aterro Sanitário ETE Norte	1	0,4
Agosto	2,884	Aterro Sanitário ETE Norte	1	22
Setembro	2,61	Aterro Sanitário ETE Norte	1	22
TOTAL	11,37	Aterro Municipal		
TOTAL	14,30	Aterro Sanitário ETE Norte		
TOTAL GERAL	25,674			

Fonte: Foz Saneatins (2014)

4.5.1.2 Desarenador

Na tabela 7, encontra-se o volume removido de areia, no decorrer do ano de 2014, na ETE Aurenly, totalizando 770,00 m³, que foi depositado na lagoa de areia da referida ETE.

Tabela 7 - Caixa de areia (Desarenador) da ETE Aurenly no ano de 2014

ETE Aurenly 2014 Desarenador				
Mês	Volume (m³)	Destino	Nº de viagens	Distância Média por viagem (ida e volta) Km
Janeiro	-	Lagoa de areia	-	0,2
Fevereiro	40	Lagoa de areia	4	0,2
Março	40	Lagoa de areia	4	0,2
Abril	60	Lagoa de areia	6	0,2
Maio	60	Lagoa de areia	6	0,2
Junho	60	Lagoa de areia	6	0,2
Julho	60	Lagoa de areia	6	0,2
Agosto	30	Lagoa de areia	3	0,2
Setembro	60	Lagoa de areia	6	0,2
Outubro	110	Lagoa de areia	11	0,2
Novembro	130	Lagoa de areia	13	0,2
Dezembro	120	Lagoa de areia	12	0,2
TOTAL	770	Lagoa de areia		
TOTAL GERAL	770			

Fonte: Foz Saneatins (2014)

Na tabela 8, concernente ao período de janeiro a setembro de 2015, foi retirado um volume de 1080,00 m³ de areia, que também fora destinado na lagoa de areia da própria ETE.

Tabela 8 - Caixa de areia (Desarenador) da ETE Aurenly no ano de 2015

ETE Aurenly 2015 Desarenador				
-------------------------------------	--	--	--	--

Mês	Volume (m³)	Destino	Nº de viagens	Distância Média por viagem (ida e volta) Km
Janeiro	120	Lagoa de Areia	12	0,2
Fevereiro	80	Lagoa de Areia	8	0,2
Março	140	Lagoa de Areia	14	0,2
Abril	220	Lagoa de Areia	22	0,2
Maio	160	Lagoa de Areia	16	0,2
Junho	160	Lagoa de Areia	16	0,2
Julho	90	Lagoa de Areia	9	0,2
Agosto	40	Lagoa de Areia	4	0,2
Setembro	70	Lagoa de Areia	7	0,2
TOTAL	1080	Lagoa de Areia		
TOTAL GERAL	1080			

Fonte: Foz Saneatins (2015)

4.5 ETE Norte

4.5.2.1 Gradeamento

Na Figura 9, podem ser observados os resultados relacionados ao volume removido de resíduos grosseiros, num total de 33,88 m³, no ano de 2014, que fora encaminhado para o aterro sanitário próprio. A outra parte, que foi retida no mesmo ano, com um volume de 6,88 m³, foi encaminhada ao aterro sanitário municipal.

Tabela 9 - Gradeamento Fino e Grosso da ETE Norte em 2014

ETE Norte 2014 Gradeamento FINO E GROSSO

Mês	Volume (m³)	Destino	Nº de viagens	Distância Média por viagem (ida e volta), em Km
Janeiro	3	Aterro Sanitário Próprio	2	0,4
Fevereiro	5,5	Aterro Sanitário Próprio	2	0,4
Março	4	Aterro Sanitário Próprio	2	0,4
Abril	5	Aterro Sanitário Próprio	2	0,4
Maio	3,5	Aterro Sanitário Próprio	2	0,4
Junho	2	Aterro Sanitário Próprio	2	0,4
Julho	4,5	Aterro Sanitário Próprio	2	0,4
Agosto	2,244	Aterro Sanitário Próprio	2	0,4
Setembro	3,894	Aterro Sanitário Próprio	2	0,4
Outubro	0		0	0
Novembro	0			
Dezembro	6,88	Aterro Municipal	2	
TOTAL	33,88	Aterro Sanitário Próprio		
TOTAL	6,88	Aterro Municipal		
TOTAL GERAL	40,518			

Fonte: Foz Saneatins (2014)

Enquanto na tabela 10, tem-se um volume de 13,63 m³ de resíduos sólidos removidos de janeiro a setembro de 2015, que passaram por tratamento e foram

encaminhados ao aterro municipal de Palmas. Nesse período, ainda fora gerado um volume de 12,79 m³ de resíduos, que foi destinado ao aterro sanitário da ETE Norte.

Tabela 10 - Gradeamento Fino e Grosso da ETE Norte em 2015

ETE Norte 2015 Gradeamento FINO E GROSSO				
Mês	Volume (m³)	Destino	Nº de viagens	Distância Média por viagem (ida e volta), em Km
Janeiro	4,74	Aterro Municipal	2	35
Fevereiro	0	Aterro Municipal	0	35
Março	2,61	Aterro Municipal	1	35
Abril	3,79	Aterro Municipal	3	35
Maio	2,49	Aterro Municipal	1	35
Junho	-		-	-
Julho	4,26	Aterro Sanitário ETE Norte	2	22
Agosto	2,13	Aterro Sanitário ETE Norte	1	0,5
Setembro	6,4	Aterro Sanitário ETE Norte	3	0,5
TOTAL	13,63	Aterro Municipal		
TOTAL	12,79	Aterro Sanitário ETE Norte		
TOTAL GERAL	26,42			

Fonte: Foz Saneatins (2015)

4.5.2.2 Desarenador

No ano de 2014 foi obtido um volume de 13,80 m³ de areia no desarenador, conforme a tabela 11, esse material foi depositado na lagoa de areia na própria ETE. Nesse mesmo período, foi retirado um volume de 61,34 m³ de resíduos abrasivos que foram encaminhados para o aterro sanitário da própria. Ainda foram removidos 9,39 m³ de areia entre o período de novembro a dezembro, que foram encaminhados para aterro sanitário municipal.

Tabela 11 - Desarenador da ETE Norte no ano de 2014

ETE Norte 2014 Desarenador				
Mês	Volum e (m³)	Destino	Nº de viagens	Distância Média por viagem (ida e volta), em Km
Janeiro	4	Lagoa de Areia Própria	2	0,6
Fevereiro	8	Lagoa de Areia Própria	2	0,6
Março	1,8	Lagoa de Areia Própria	2	0,6
Abril	14,5	Aterro Sanitário Próprio	6	0,6
Maio	8,5	Aterro Sanitário Próprio	4	0,6
Junho	6	Aterro Sanitário Próprio	2	0,6
Julho	11	Aterro Sanitário Próprio	2	0,6
Agosto	2,478	Aterro Sanitário Próprio	2	0,6
Setembro	7,67	Aterro Sanitário Próprio	4	0,6
Outubro	11,19	Aterro Sanitário Próprio	5	0,6
Novembro	4,17	Aterro Municipal	2	
Dezembro	5,22	Aterro Municipal	2	
TOTAL	13,80	Lagoa de Areia Própria		
TOTAL	61,34	Aterro Sanitário Próprio		
TOTAL	9,39	Aterro Municipal		
TOTAL GERAL	84,53			

Fonte: Foz Saneatins (2014)

Enquanto no ano de 2015 ocorreu a remoção de 49,37 m³ de areia no desarenador e disposição deste material no aterro municipal de Palmas. Nesse mesmo ano, 22,84 m³ de areia foram encaminhados para o aterro sanitário da ETE Norte.

Tabela 12 - Desarenador da ETE Norte no ano de 2015

ETE Norte 2015 Desarenador				
Mês	Volume (m³)	Destino	Nº de viagens	Distância Média por viagem (ida e volta) Km
Janeiro	4,26	Aterro Municipal	2	35
Fevereiro	4,15	Aterro Municipal	2	35
Março	4,93	Aterro Municipal	2	35
Abril	10,19	Aterro Municipal	4	35
Maio	12,8	Aterro Municipal	5	35
Junho	13,04	Aterro Municipal	5	35
Julho	2,37	At. San. ETE Aureny	1	22
Agosto	0,97	At. San. ETE Aureny	1	22
Setembro	19,5	At. San. ETE Aureny	7	22 E 0,5
TOTAL	49,37	Aterro Municipal		
TOTAL	22,84	At. San. ETE Aureny		
TOTAL GERAL	72,21			

Fonte: Foz Saneatins (2015)

4.5.2.3 Reator UASB

Na tabela 13 estão representados os resultados da produção de lodo gerado no Reator UASB, referente ao período de 2014. Conforme os dados apresentados verificou-se um volume 197,76 m³ de lodo e todo esse material foi depositado no próprio aterro sanitário ETE.

Tabela 13 - Produção de lodo na ETE Norte no ano de 2014

ETE Norte 2014 Produção de Lodo SISTEMA ANTIGO			
Mês	Volume de descarga (m ³)	Tipo do lodo	Destino
Janeiro	33,6	in natura - UASB	Aterro Sanitário Próprio
Fevereiro	33,6	in natura - UASB	Aterro Sanitário Próprio
Março	25,6	in natura - UASB	Aterro Sanitário Próprio
Abril	25,6	in natura - UASB	Aterro Sanitário Próprio
Maio	33,6	in natura - UASB	Aterro Sanitário Próprio
Junho	20,16	in natura - UASB	Aterro Sanitário Próprio
Julho	0	in natura - UASB	Aterro Sanitário Próprio
Agosto	25,6	in natura - UASB	Aterro Sanitário Próprio
TOTAL	197,76		Aterro Sanitário Próprio

Fonte: Foz Saneatins (2014)

4.5.2.3 Decantador e Centrífuga

Na Tabela 14 são apresentados os valores mensais de lodo gerado na centrífuga, no ano de 2014, totalizando de 7,07 m³, o material gerado foi tratado e encaminhado ao aterro sanitário Municipal.

Tabela 14 - Produção de Lodo Centrífuga no ano de 2014

ETE Norte 2014 Produção de Lodo Centrífuga			
Mês	Volume de descarga (m ³)	Tipo do lodo	Destino
Outubro	1,85	Centrifugado (UASB+RLA)	Aterro Sanitário Municipal
Novembro	2,69	Centrifugado (UASB+RLA)	Aterro Sanitário Municipal
Dezembro	2,53	Centrifugado (UASB+RLA)	Aterro Sanitário Municipal
TOTAL	7,07		Aterro Sanitário Municipal

Fonte: Foz Saneatins (2014)

Os resultados obtidos no período de janeiro a maio de 2015 são apresentados na tabela 15. Pode-se observar que os resíduos gerados totalizaram 17,40 m³, o material foi destinado ao aterro sanitário municipal de Palmas. Nesse mesmo ano no mês de setembro foi retirado um volume de 10,00 m³ de lodo e sendo encaminhado para o aterro sanitário aqui mencionado.

Tabela 15 - Produção de Lodo Centrifuga no ano de 2015
ETE Norte 2015 Produção de Lodo Centrifuga SISTEMA LODOS ATIVADO

Mês	Volume de descarga (m³)	Tipo do lodo	Destino
Janeiro	2,76	Centrifugado (UASB+RLA)	Aterro Sanitário Municipal
Fevereiro	4,265	Centrifugado (UASB+RLA)	Aterro Sanitário Municipal
Março	5,054	Centrifugado (UASB+RLA)	Aterro Sanitário Municipal
Abril	2,69	Centrifugado (UASB+RLA)	Aterro Sanitário Municipal
Maio	2,63	Centrifugado (UASB+RLA)	Aterro Sanitário Municipal
Junho	0	Centrifugado (UASB+RLA)	Aterro sanitário ETE Norte
Julho	0	Centrifugado (UASB+RLA)	Aterro sanitário ETE Norte
Agosto	0	Centrifugado (UASB+RLA)	Aterro sanitário ETE Norte
Setembro	10	In natura - UASB	Aterro sanitário ETE Norte
TOTAL	17,40		Aterro Sanitário Municipal
TOTAL	10		Aterro sanitário ETE Norte
TOTAL GERAL	27,40		

Fonte: Foz Saneatins (2015)

4.5.3 ETE Prata

4.5.3.1 Grades e Peneiras

A tabela 16 apresenta os valores mensais de resíduos sólidos grosseiros removidos no decorrer do ano de 2014 nas grades e peneiras da ETE Prata. Nota-se que foram retirados 35,40 m³ de resíduos. Esse material foi depositado no aterro sanitário da ETE Norte, e outra parte que fora removida no mesmo ano, cerca de 4,20 m³, encaminhada ao aterro sanitário municipal de Palmas.

Tabela 16 - Gradeamento e Peneira da ETE Prata no ano de 2014

ETE Prata 2014 Gradeamento e Peneira				
Mês	Volume (m³)	Destino	Nº de viagens	Distância Média por viagem (ida e volta), em Km
Janeiro	1,215	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12
Fevereiro	1,343	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12
Março	2,46	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12
Abril	3,194	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12
Mai	2,967	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12
Junho	1,344	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12
Julho	1,387	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12
Agosto	10,281	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12
Setembro	6,915	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12
Outubro	4,29	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12
Novembro	1,667	Aterro Sanitário Municipal	1	
Dezembro	2,522	Aterro Sanitário Municipal	1	
TOTAL	35,40	Aterro Sanitário ETE Norte		
TOTAL	4,19	Aterro Sanitário Municipal		
TOTAL GERAL	39,59			

Fonte: Foz Saneatins (2014)

O quantitativo de resíduos sólidos retidos nas peneiras e grades no período de 2015 é apresentado na tabela 17. Nota-se que o volume de resíduos retirado foi de 25,22 m³, os quais foram conduzidos ao aterro sanitário municipal de Palmas. Além disso, 14,40 m³ de resíduos retirados no mesmo ano foram destinados ao aterro sanitário da ETE Norte.

Tabela 17 - Gradeamento e Peneira da ETE Prata no ano de 2015

ETE Prata 2015 Gradeamento e Peneira				
Mês	Volume (m³)	Destino	Nº de viagens	Distância Média por viagem (ida e volta), Km
Janeiro	4,98	Aterro Sanitário Municipal	2	27
Fevereiro	5,02	Aterro Sanitário Municipal	2	27
Março	4,74	Aterro Sanitário Municipal	2	27
Abril	5,5	Aterro Sanitário Municipal	2	27
Mai	4,98	Aterro Sanitário Municipal	2	27
Junho	2,49	Aterro Sanitário ETE Norte	1	12
Julho	6,95	Aterro Sanitário ETE Norte	-	12
Agosto	2,46	Aterro Sanitário ETE Norte	1	12
Setembro	2,49	Aterro Sanitário ETE Norte	1	8
TOTAL	25,22	Aterro Sanitário Municipal		
TOTAL	14,39	Aterro Sanitário ETE Norte		
TOTAL GERAL	39,61			

Fonte: Foz Saneatins (2015)

4.5.3.2 Desarenador Mecanizado

Na tabela 18 são apresentados os quantitativos de sólidos abrasivos que ficaram armazenados no Desarenador Mecanizado no ano de 2014. Observa-se que o volume retirado foi de 133,00 m³ de areia, esse material também fora conduzido ao aterro sanitário da ETE Norte, e 12,00 m³ de resíduos foram destinados a lagoa de areia da ETE Aurenny.

Tabela 18 - Desarenador mecanizado da ETE Prata no ano de 2014

ETE Prata 2014 Desarenador						
Mês	Volume (m³)	Destino	Nº de viagens	Distância viagem (ida e volta), Km	Média	por
Janeiro	42	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12		
Fevereiro	20	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12		
Março	-	Aterro Sanitário ETE Norte	-	-		
Abril	20	Aterro Sanitário ETE Norte	2	12		
Mai	25	Aterro Sanitário ETE Norte	3	12		
Junho	10	Aterro Sanitário ETE Norte	1	12		
Julho	10	Aterro Sanitário ETE Norte	1	12		
Agosto	3	Aterro Sanitário ETE Norte	1	12		
Setembro	3	Aterro Sanitário ETE Norte	1	12		
Outubro	4	Lagoa de areia ETE Aurenny	2			
Novembro	4	Lagoa de areia ETE Aurenny	2			
Dezembro	4	Lagoa de areia ETE Aurenny	1			
TOTAL	133	Aterro Sanitário ETE Norte				
TOTAL	12	Lagoa de areia ETE Aurenny				
TOTAL GERAL	145					

Fonte: Foz Saneatins (2014)

Na Tabela 19 os valores mensais de areia retirado do desarenador no período de 2015 totalizam 90,00m³. A disposição final dos resíduos ocorreu na lagoa da areia da ETE Aurenny.

Tabela 19 - Desarenador mecanizado da ETE Prata no ano de 2015

ETE Prata 2015 Desarenador						
Mês	Volume (m³)	Destino	Nº de viagens	Distância viagem (ida e volta), Km	Média	por
Janeiro	10	Lagoa de areia ETE Aurenny	1	12		
Fevereiro	10	Lagoa de areia ETE Aurenny	1	12		
Março	10	Lagoa de areia ETE Aurenny	1	12		
Abril	10	Lagoa de areia ETE Aurenny	1	12		
Mai	20	Lagoa de areia ETE Aurenny	2	12		
Junho	10	Lagoa de areia ETE Aurenny	1	12		
Julho	-	Lagoa de areia ETE Aurenny	-	-		
Agosto	10	Lagoa de areia ETE Aurenny	1	12		
Setembro	10	Lagoa de areia ETE Aurenny	1	12		
TOTAL	90	Lagoa de areia ETE Aurenny				

Fonte: Foz Saneatins (2015)

4.5.3.3 Reator anaeróbio de fluxo ascendente – UASB

A Tabela 20 apresenta os resultados obtidos para a produção de lodo do Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente – UASB, da ETE Prata, no ano de 2014, que gerou 55,00 m³ de lodo, posteriormente encaminhados ao leito de secagem e dispostos no aterro sanitário da ETE Norte.

Tabela 20 - Reator anaeróbio de fluxo ascendente UASB da ETE Prata no ano de 2014

ETE Prata 2014 Produção de Lodo Centrifuga			
Mês	Volume de descarga (m³)	Tipo do lodo	Destino
Janeiro	32	In natura - UASB	Aterro Sanitário ETE Norte
	13	In natura - UASB	Aterro Sanitário ETE Norte
Fevereiro			
Março			
Abril			
Maio			
Maio			
Junho			
Junho			
Junho	10	In natura - UASB	Aterro Sanitário ETE Norte
Julho			
Agosto			
Setembro			
Outubro			
Novembro			
Dezembro			
TOTAL	55		Aterro Sanitário ETE Norte

Fonte: Foz Saneatins (2014)

De acordo com os resultados da tabela 21, verificou-se que 70,00 m³ dos resíduos gerados no ano de 2015 foram destinados ao aterro sanitário da ETE Norte.

Tabela 21 - Reator anaeróbio de fluxo ascendente UASB da ETE Prata no ano de 2015

ETE Prata 2015 Produção de Lodo Centrifuga, In-Natura e UASB			
Mês	Volume de descarga (m³)	Tipo do lodo	Destino
Janeiro	0	In natura - UASB	Aterro Sanitário ETE Norte
Fevereiro	10	In natura - UASB	Aterro Sanitário ETE Norte
Março			Aterro Sanitário ETE Norte
Abril	10	In natura - UASB	Aterro Sanitário ETE Norte
Maio	10	In natura - UASB	Aterro Sanitário ETE Norte
Junho	10	In natura - UASB	Aterro Sanitário ETE Norte
Julho	10	In natura - UASB	Aterro Sanitário ETE Norte
Agosto	10	In natura - UASB	Aterro Sanitário ETE Norte
Setembro	10	In natura - UASB	Aterro Sanitário ETE Norte
TOTAL	70		Aterro Sanitário ETE Norte

Fonte: Foz Saneatins (2014)

4.5.3.2 Tanques de lodo + Centrífuga

Na Tabela 22 foi apresentado o quantitativo de lodo gerado nos tanques de lodo e centrífuga da ETE Prata no ano de 2014, totalizando 268,77 m³, que foram encaminhados ao aterro da ETE Norte, com exceção dos 2,38 m³ de lodo dispostos no aterro sanitário municipal.

Tabela 22 - Produção de Lodo Centrífuga da ETE Prata no ano de 2014

ETE Prata 2014 Produção de Lodo Centrífuga

Mês	Volume de descarga (m ³)	Tipo do lodo	Destino
Janeiro	13	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	16	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	13	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Fevereiro	16	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	16	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	13	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	13	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	16	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	13	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	13	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
	16	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Março	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Abril	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Maio	4	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Maio	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Junho	4	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Junho	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Julho	4	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Agosto	4	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Setembro	2,25	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Outubro	2,52	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Novembro	2,38	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário Municipal
Dezembro	0	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário Municipal
TOTAL	268,77		Aterro Sanitário ETE Norte
TOTAL	2,38		Aterro Sanitário Municipal
TOTAL GERAL	271,15		

Fonte: Foz Saneatins (2014)

A Tabela 23 apresenta resultados referentes aos valores mensais de lodo produzido de janeiro a setembro de 2015, demonstrando que 90,00 m³ de resíduos foram destinados ao aterro sanitário da ETE Norte, enquanto outra parte do volume gerado foi destinada ao aterro sanitário municipal de Palmas.

Tabela 23 - Produção de Lodo Centrifuga da ETE Prata no ano de 2015
ETE Prata 2015 Produção de Lodo Centrifuga, In-Natura e UASB

Mês	Volume de descarga (m ³)	Tipo do lodo	Destino
Janeiro	0	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário Municipal
	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Fevereiro	1,21	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário Municipal
	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Março	2,264	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário Municipal
	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Abril	2,725	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário Municipal
	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Maio	2,71	Centrifugado - FAD	Aterro Sanitário Municipal
	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Junho	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Julho	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Agosto	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
Setembro	10	In natura - FAD	Aterro Sanitário ETE Norte
TOTAL	90		Aterro Sanitário ETE Norte
TOTAL	8,909		Aterro Sanitário Municipal
TOTAL GERAL	98,909		

Fonte: Foz Saneatins (2015)

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As conclusões desta pesquisa referem-se ao panorama vigente na ETE's Aurenny, Prata e Norte, localizadas no município de Palmas-TO, com capacidade de atendimento de 137181,178 habitantes. Os resultados obtidos demonstram que as ETE's geram uma grande quantidade de resíduos sólidos, entretanto os mesmos não são devidamente reaproveitados, sendo descartando em aterros sanitários. O presente estudo ainda apresentou pesquisas já realizadas que comprovam a expressiva potencialidade de aplicação de técnicas nos resíduos gerados para a produção de insumos voltados a construção civil, que ainda promovem um grande benefício ambiental e atendem a legislação vigente, pois de acordo com a Lei 12.651/2010, todos os resíduos sólidos precisarão ser reaproveitados e/ou tratados e somente os rejeitos desses processos poderão ser dispostos em aterros sanitários.

Além disso, ficam evidentes os benefícios do aproveitamento dos resíduos gerados no tratamento preliminar e secundário, tais como a areia e o lodo das ETE's. Esses materiais podem passar de rejeitos a matéria-prima, apresentando vantagens como a economia de recursos naturais e a preservação do meio ambiente.

A seguir, destacam-se as principais conclusões para cada tipo de resíduos avaliado nesta pesquisa.

Quanto aos resíduos retidos nos desarenadores, a seguinte conclusão foi instituídas:

- Verificou-se a viabilidade da areia residual, removida nos desarenadores de ETE's, como agregado miúdo na incorporação de concreto não estrutural, argamassa e bloco estrutural, porém antes do processo os resíduos tem que ser submetido ao procedimento de limpeza e secagem.

Quanto aos aproveitamentos do lodo para incorporação na construção civil, destaca-se a seguintes conclusão:

- Verificou-se a viabilidade da incorporação de lodo de ETE's em massa cerâmica para produção de blocos, tijolos, telhas e indústrias de produtos cimentícios da construção civil, porém esses materiais devem ser desinfetados com adição de cal.

A seguir serão elencadas algumas sugestões de aproveitamento de resíduos para compor futuros trabalhos acadêmicos:

- Realizar teste com materiais grosseiros densos (pedras, vidro e etc.), proveniente do gradeamento.
- Estudar diferentes métodos para a secagem da areia e lodo antes de sua utilização.
- Avaliar o aproveitamento dos resíduos retido no gradeamento na utilização da melhoria da eficiência energética.
- Estudar os resíduos retidos no desarenador, óleos e graxas, visando aproveitamento energético mediante a digestão anaeróbia desse material.
- Realizar análise de gases propiciando pelo reator anaeróbio de fluxo ascendente UASB, mirando o aproveitamento energético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, C. V. et al. **Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010, 481p.

ANDREOLI, C.V (org.) **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RIMA, ABES, 2001, 282 p.

ARANDA, D. A. G. **A incineração controlada de resíduos sólidos: status mundial**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Mimeo. 2001.

BORGES, N. B. **Aproveitamento dos resíduos gerados no tratamento preliminar das estações de tratamento de esgoto**. 2014. 238 f. Tese (Doutorado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2014.

BRASIL, 2012. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, Brasil, 2012.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12209/1992 - Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Utilização de lodo de esgoto na agricultura é analisada. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2015/01/utilizacao-de-lodo-de-esgoto-na-agricultura-e-analisado>>. Acesso em 17 set. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derriçados, e dá outras providencias. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, v. 167, p. 141-146, agosto, 2006.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Esgotamento sanitário: operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 2**. Brasília: Ministério das Cidades, 2008. Disponível em: <<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/ES-OMEE.1.pdf>> Acesso em 07 nov 2014.

CAERN . Companhia de Água e Esgoto : **Tratamento de Esgoto**, 2014. Disponível em:<<http://www.caern.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=12037&ACT=null&PAGE=0&PARM=null&LBL=null>>. Acesso em 17 set. 2015.

CARVALHO, K. **Resposta Dinâmica de reator UASB em escala piloto submetido a cargas orgânicas e hidráulicas cíclicas: modelos matemáticos e resultados experimentais**. 2006 193f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São, São Carlos, 2006.

CORREIA, J. E. **Caracterização Física-química e microbiológica do lodo gerado na estação de tratamento de esgoto contorno. Feira de Santana, BA**. 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Ambiental). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.

CHERNICHARO, C. A. L. **Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

_____. **Reatores Anaeróbios**. 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

GASPARIM, J. C. **Viabilidade de aproveitamento de resíduos de tratamento de esgotos na construção civil**. 2013, 227 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=172100&search=tocantins|palmas>>. Acesso em: 11 jun 2015.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4 ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005. 1579 p.

_____. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

_____. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4 ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005. 932 p.

KRAUSE, G. G. **Avaliação da tecnologia de sistemas integrados gaseificação – Ciclo combinado para geração termelétrica no Brasil**. 1990. 63 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1990.

MELLO, E. J. R. **Tratamento de esgoto sanitário: Avaliação da estação de tratamento de esgoto do Bairro Novo Horizonte na cidade de Araguari – MG**. 2007. 99. f. Monografia (Pós-Graduação *Lato Sensu* em Engenharia Sanitária) – União Educacional Minas Gerais, Uberlândia, 2007.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering - Treatment, Disposal and Reuse**. 3 ed. McGraw-Hill International Edition. 1991.

PAIVA, S. N. **Compósito de cimento-lodo de ETE de indústria de papel para aplicação na construção civil**. 2007, 111 f. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

PALMAS. Plano Municipal de Saneamento Básico. Prefeitura Municipal de Palmas, 2014. Disponível em: <http://www.palmas.to.gov.br/media/doc/arquivoservico/PMSB_Palmas_Volume_02_a_gua_esgoto.pdf> Acesso em 03 jun 2015.

PIRES, G. T.; GERALDO, R. H.; ZECHINATTI, V. H. Adição de lodo de esgoto da E.T.E. do município de Jaguariúna em tijolos cerâmicos: estudo de viabilidade. **Revista Intellectus**, ano VIII, n.º 22, 2012.

PROSAB. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

SANEATINS. **Estações de tratamento de Esgoto Sanitário de Palmas**. Palmas: Saneatins, 2012.

SILVA, C. R. L.; CHINELLATTO, A. L.; CHINELLATTO, A. S. A. **Viabilidade da incorporação do lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) em massa cerâmica para produção de blocos.** *Cerâmica*, v. 61, p. 31-40, 2015.

STS ENGENHARIA. **Elaboração de Projeto de ETE para o Tratamento de Esgotos Urbanos de Lindóia.** 1 ed. São Paulo: 2008.

TOMIELLO, E. C. **Análise dos resíduos sólidos de desarenador do tratamento preliminar de esgoto sanitários da Cidades de Maringá – PR.** 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996.

_____. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996.

_____. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgoto.** 3 ed. Belo Horizonte: FUMEC, 2005.