

## ELABORAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DE LODO PROVENIENTE DE ESGOTO SANITÁRIO DA CIDADE DE MONDAÍ – SC

Maciel Welter<sup>1</sup>  
Thamires Camile Wenzel<sup>2</sup>  
Thaís Heck<sup>3</sup>  
Ariel Paulo Bratch<sup>4</sup>  
Eduardo Lauschner<sup>5</sup>  
Odair Kessler<sup>6</sup>

**Resumo:** O presente artigo descreve a importância que o saneamento básico correto e adequado tem para reduzir a transmissão de doenças. Ele é dividido em abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Falando do esgotamento sanitário, como o seu tratamento e coleta podem ser feitos de diversas maneiras, o objetivo desse estudo foi projetar uma central de tratamento do lodo retirado dos sistemas de tratamento de esgoto sanitário da cidade de Mondaí, a qual possui sistema individual, onde cada residência tem seus tanques de tratamento, porém, não há posterior tratamento do lodo que é gerado nos mesmos. Diante disso percebe-se a falta de importância dada atualmente ao correto tratamento desses dejetos, que, se não tratados podem apresentar diversas características indesejáveis como mau odor, grande volume, instabilidade biológica e também contaminação do solo, da água e do ar. O tratamento de lodo de esgoto envolve diversos processos e depois também sua destinação ou disposição final. Para esta última etapa pode-se citar o processo de destinação final em campos agrícolas, como adubo, sendo esta uma alternativa regulamentada pelo CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Foi, então, elaborado o projeto de uma central de tratamento e destinação final de lodo de esgoto, considerando o que é mais viável para a cidade, juntamente com o custo que envolve os itens do projeto.

**Palavras-chave:** Saneamento básico. Esgoto. Lodo. Mondaí.

### 1 INTRODUÇÃO

Mondaí é um município localizado na parte Sul do Brasil, no Estado de Santa Catarina. Segundo o Censo Demográfico feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2010, a população residente no Município totaliza 10.231 (dez mil, duzentos e trinta e um) habitantes, sendo que 6.305 (seis mil

---

<sup>1</sup> Professor orientador, graduado em Engenharia Sanitarista e Ambiental, Especialista em Auditoria e Gestão Ambiental, professor da FAI – Faculdade de Itapiranga. E-mail: macwel@ig.com.br

<sup>2</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Civil da FAI – Faculdade de Itapiranga. E-mail: thami.wenzel@gmail.com

<sup>3</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Civil da FAI – Faculdade de Itapiranga. E-mail: thaisheck7@gmail.com

<sup>4</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FAI – Faculdade de Itapiranga. E-mail: ariel\_bracht@hotmail.com

<sup>5</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FAI – Faculdade de Itapiranga. E-mail: edolauschner@gmail.com

<sup>6</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FAI – Faculdade de Itapiranga. E-mail: odairkessler83@gmail.com

trezentos e cinco) pessoas moram no perímetro urbano e 3.926 (três mil novecentos e vinte e seis) pessoas moram no perímetro rural.

Segundo Von Sperling (1996), os esgotos domésticos são aqueles provenientes de domicílios, de atividades comerciais e institucionais que compõem certa localidade, contendo aproximadamente 99% de água, e a fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há a necessidade de se tratar os esgotos sanitários. Com o crescimento populacional, o tratamento desse efluente se torna ainda mais importante, pois ele cresce proporcionalmente.

Depois de o esgoto ser tratado, são gerados alguns subprodutos, e o que se apresenta em maior volume é o lodo, que pode exibir características indesejáveis, como instabilidade biológica, possibilidade de transmissão de patógenos e grandes volumes, e, deste modo, o principal objetivo do tratamento do mesmo é gerar um produto mais estável e com menor volume, facilitando seu manuseio e reduzindo seus custos subsequentes. (CASSINI, 2003). É imprescindível que se faça a limpeza dos sistemas de tratamento de esgoto sanitário para que não haja vazamento do lodo pelas laterais e pelo fundo dos mesmos, contaminando o solo, e essa contaminação pode atingir os mananciais de água, comprometendo, também, a saúde humana.

Segundo Silva et al. (2008), no Brasil, atualmente, a produção de lodo está estimada entre 150 mil e 220 mil toneladas por ano. E diante desse dado se percebe a grande produção e, conseqüentemente, a importância de haver correto tratamento e destinação desse dejetos, partindo das pequenas cidades. Então, a ideia é coletar informações dimensionar os processos de tratamento do lodo e o método de destinação final do mesmo, para compor a central de recebimento e tratamento do lodo proveniente de todas as edificações residenciais existentes na cidade, além de estimar os custos pertinentes a cada item projetado.

## **2 SANEAMENTO BÁSICO**

Segundo Opas (2001), citado por Philippi Junior (2005, p. 187), a ausência ou ineficiência de sistemas como o de abastecimento de água e, a coleta e o tratamento de águas residuárias, associado à falta de informação e conscientização

do hábito da higiene, são responsáveis por 7% de todas as mortes e doenças em todo o mundo.

Segundo a Lei Nº 11445 (2007, p. 2), o saneamento básico é dividido da seguinte maneira:

- a) Abastecimento de água potável: atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- b) Esgotamento sanitário: atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
- c) Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- d) Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

### **3 ESGOTO SANITÁRIO E SUBPRODUTOS GERADOS EM SEU TRATAMENTO**

Levando em conta o que afirma Cavinatto (2003), desde o momento em que acordamos, pela manhã, até à noite, em diversos momentos, precisamos de água para realizar as tarefas cotidianas, e ao fazer tais tarefas acabamos sujando a água que estava limpa. Esta sujeira contém detritos e excretos, e é nesse processo que a água se transforma em esgoto.

Segundo Garcez (1976), os sistemas públicos de esgoto começaram a surgir e se desenvolver após a chamada revolução industrial, onde houve rápido desenvolvimento e crescimento dos centros urbanos, e se percebeu que a

quantidade de dejetos líquidos e sólidos aumentou e seu lançamento “in natura” passou a ser inviável e impossível.

Segundo Bittencourt e de Paula (2014), quanto às formas de tratamento de esgoto, em função dos tipos de organismos participantes dos tratamentos biológicos de esgotos domésticos, os tratamentos podem ser divididos em aeróbios, anaeróbios e, na ausência de um tratamento biológico, são utilizados os tratamentos físico-químicos.

São vários os parâmetros globais que caracterizam o esgoto quanto ao seu teor poluente, e, segundo Brookmam (1996) apud Dezzoti (2008), um dos principais é a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que determina a concentração de matéria orgânica biologicamente degradável presente em um efluente. Fornece a quantidade de oxigênio utilizada para oxidar, além da matéria orgânica solúvel, os materiais inorgânicos.

Para Ferreira e Coraiola (2008), outro parâmetro a ser considerado é o índice de lodo, ou seja, os sólidos sedimentáveis, sendo que este índice deve, de preferência, se encontrar na faixa de 300 – 400 ml por litro de esgoto.

Para o sistema de tratamento de esgoto individual, que é o identificado na cidade de Mondaí, são previstos três tanques, que são, geralmente, tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro. Esse tipo de sistema é adotado para atendimento familiar, consistindo no lançamento dos esgotos domésticos gerados em unidade habitacional.

Fossa séptica, para Botelho e Ribeiro Junior (2014), é um recipiente geralmente retangular ou circular, onde o líquido passa pelo processo de decantação, onde são removidos os sólidos mais grosseiros. Esses sólidos mais grosseiros, quando retidos, formam o lodo.

Segundo Macintyre (2012, p.155) o tanque séptico é uma unidade de tratamento primário que detêm os despejos por um período que permita a estabilização do efluente. Quanto à localização das fossas sépticas, a ABNT NBR 7229/93, cita que as mesmas devem estar à 1,50 m de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramais prediais de água, 3,00 m de árvores e de qualquer fonte de rede pública de abastecimento de água e 15,00 m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza.

Melo e Azevedo Netto (1988) afirmam que os tanques precisam ser limpos, pois se isso não ocorrer eles acabarão funcionando como uma caixa de passagem simples e má. Essa limpeza consiste em retirar a espuma e o lodo por sucção mecânica.

O Filtro anaeróbio é considerado um sistema complementar à fossa séptica e, para Macintyre (2012), ele consiste em um reator biológico de fluxo ascendente onde o esgoto é depurado por meio de microrganismos anaeróbios. Ele pode ser prismático ou circular, apresentando um fundo falso por onde entra o efluente da fossa séptica. Este efluente passa por um meio filtrante geralmente de pedras.

Depois do filtro anaeróbio o esgoto passa para o tanque nomeado como sumidouro, sendo que este, segundo Creder (2012, p. 227) “é uma cavidade destinada a receber o efluente de dispositivo de tratamento e a permitir sua infiltração no solo”. Seu uso é favorável somente nas áreas onde o aquífero é profundo, onde se possa garantir a distância mínima de 1,50 m entre o seu fundo e o nível do aquífero.

No tratamento do esgoto são gerados alguns subprodutos, e estes são compostos que apresentar estado líquido ou sólido. Quanto aos sólidos, os gerados no tratamento biológico dos esgotos são: material gradeado, areia, espuma e lodo. Sendo que, dentre estes subprodutos citados, o que se apresenta em maior volume comparado aos demais é o lodo (VON SPERLING, 1996).

Falando especificamente do lodo de esgoto, este é resultado do processo de decomposição da matéria orgânica presente no esgoto, realizado por microrganismos. Ele pode apresentar características físicas de semissólido/pastoso ou sólido (CESAN, 2013).

Segundo Andreoli et al. (1998) e Nogueira (2003), o lodo oriundo de tanques sépticos é considerado lodo primário, pois são produtos de decantação primária, permanecendo no sistema por tempo suficiente para favorecer sua digestão anaeróbia em condições controladas. Eles são compostos, em sua maioria, por água, esgoto, material inorgânico e material orgânico fecal, tendo cor escura e forte odor.

Conforme Brasil (2006), a remoção do lodo deve acontecer de forma rápida e sem contato do mesmo com o operador, por isso, é recomendado fazer essa operação por meio da sucção do lodo com bombas.

Para Andreoli (2009), uma Central de Recebimento de Lodo de Tanques Sépticos e de Fossas (CRLTS) é o conjunto das instalações físicas operadas para receber a descarga de lodos de tanques sépticos e de fossas, provenientes de caminhões limpa-fossas ou afins. O manuseio desse material pelos operadores deve ser feito com segurança e cuidado. A estrutura física de uma CRLTS dependerá da sua localização, porte, número e tipo de caminhões que terão acesso a ela por dia, ocupação do solo nas vizinhanças, vias de acesso, entre outros.

As principais etapas do tratamento do lodo, com seus respectivos objetivos, segundo Von Sperling (1996, p. 208) são:

- a) Adensamento: remoção de umidade, ou redução de volume;
- b) Estabilização: remoção da matéria orgânica;
- c) Condicionamento: preparação para a desidratação, melhorando as características de separação das fases sólido-líquida do lodo;
- d) Desidratação: remoção de umidade, ou redução de volume;
- e) Disposição final: destinação final dos subprodutos.

Além desses itens, Cassini (2003) inclui, antes da disposição final, a higienização do subproduto, ou seja, a remoção de organismos patogênicos.

As etapas de tratamento e destinação final do lodo, juntamente com os principais processos de cada etapa, podem ser vistas no Quadro 1.

**Quadro 1 - Etapas de tratamento do lodo e seus principais processos**

ETAPAS DE GERENCIAMENTO DO LODO	PRINCIPAIS PROCESSOS DE CADA ETAPA
<b>ADENSAMENTO</b>	- Adensamento por gravidade; - Filtro prensa de esteiras; - Flotação.
<b>ESTABILIZAÇÃO</b>	- Digestão anaeróbia; - Digestão aeróbia; - Estabilização química.
<b>CONDICIONAMENTO</b>	- Condicionamento químico; - Condicionamento térmico.
<b>DESIDRATAÇÃO</b>	- Leitões de secagem; - Lagoas de lodo; - Filtro prensa; - Centrífuga; - Filtro a vácuo; - Secagem térmica.
<b>HIGIENIZAÇÃO OU DESINFECÇÃO</b>	- Adição de cal (caleação); - Tratamento térmico; - Compostagem; - Oxidação úmida.
<b>DESTINAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL</b>	- Aterro sanitário; - Incineração; - Reciclagem agrícola; - Reciclagem industrial. - Disposição superficial no solo (landfarming); - Recuperação de áreas degradadas;

Fonte: Adaptado de Andreoli; Von Sperling e Fernandes, 2001.

Diante disso, é imprescindível que se faça a descrição de alguns processos constituintes de centrais de tratamento de lodo séptico, onde, primeiramente, é utilizado um tanque de gradeamento, que, segundo a ABNT NBR 12208/1992 - projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário, serve para remover sólidos grosseiros, e impedir que estes entrem e prejudiquem o correto funcionamento do restante do sistema.

Depois se observa a projeção de um tanque de equalização, sendo que este tem a finalidade de regular a vazão, que deve ser constante nas unidades subsequentes. É praticamente impossível operar a estação sem ter a vazão regularizada, pois variações bruscas impossibilitam o funcionamento de diversos tanques. Além de regular a vazão, esse tanque tem também a finalidade de homogeneizar o efluente. Ele deve ser, segundo Nunes (2004), de seção quadrada, com profundidade útil de 3,0 a 5,0 metros.

Os leitos de secagem são muito utilizados para sistemas de pequeno porte, para desidratação do lodo. Ele contém uma soleira drenante que permite que o líquido percole por várias camadas de areia e pedregulho com diferentes granulometrias com, aproximadamente, 0,20 m de espessura. (ANDREOLI, VON SPERLING E FERNANDES, 2001)

A parte superior, denominada camada suporte, é constituída por camada de tijolos, apoiada na soleira drenante do leito, que tem em sua parte inferior um sistema de drenagem. (GONÇALVES, 1999). Essa camada suporte é assentada com areia grossa com juntas de 2 a 3cm, tendo finalidade de distribuir melhor o lodo, impedir o entupimento dos poros da superfície da soleira drenante e garantir que a retirada do lodo desidratado seja realizada sem o revolvimento das camadas superficiais da soleira drenante. (ANDREOLI, VON SPERLING E FERNANDES, 2001)

O sistema de drenagem, segundo Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2001), é constituído por tubos assentados com juntas abertas ou perfurados com diâmetro mínimo de 100mm, colocados no fundo do tanque e recolhendo todo o líquido percolado na soleira drenante. O fundo do leito deve ser plano e impermeável, com inclinação mínima de 1% no sentido do coletor principal de escoamento do líquido filtrado.



Quando é feito uso de sistema de desidratação do lodo de forma natural, como os leitos de secagem, utilizam-se também as leiras de compostagem, que possibilitam posterior utilização do composto em campos agrícolas.

As leiras de compostagem pelo sistema de leiras revolvidas (windrow) estão dentre os sistemas de compostagem mais simples, onde a mistura do lodo e de um material estruturante é disposta em longas leiras que são periodicamente revolvidas. Apesar de o mau cheiro ser uma grande desvantagem do sistema, se o processo de compostagem for realizado e evoluir de modo satisfatório, depois de 5 – 6 dias esse odor praticamente desaparece. Se o lodo for bem estabilizado, o problema do mau cheiro poderá ser reduzido. Por esse motivo a compostagem é uma boa opção para o presente caso, pois o lodo sairá estabilizado dos tanques sépticos. (FERNANDES e SILVA, 1999)

O líquido que sai dos leitos de secagem também deve ser tratado, e, diante disso, é necessário, primeiramente, o reator anaeróbio UASB, reator de fluxo ascendente de manta de lodo (do inglês Upflow Anaerobic Sludge Blanket), que possui facilidades operacionais, hidrodinâmica mais eficiente que outros sistemas convencionais e boa adaptação às condições climáticas do Brasil, para diversos efluentes líquidos (BELLI FILHO et al., 2001).

Nesse reator, a estabilização da matéria orgânica ocorre em todas as zonas de reação (leito e manta de lodo), sendo a mistura do sistema promovida pelo fluxo ascensional do esgoto e das bolhas de gás. Um dos princípios fundamentais do processo é a sua habilidade de desenvolver biomassa de elevada atividade. (CHERNICHARO, 2007)

Depois que o líquido passa pelo Reator Anaeróbio UASB ele será encaminhado a duas lagoas, seguindo com o processo de tratamento da parte líquida do lodo, até ficar tratado o suficiente para ser lançado em recurso hídrico. Desta forma, Von Sperling (1996) afirma que as lagoas facultativas são a variante mais simples dos sistemas de lagoas de estabilização. Neste sistema há a predominância dos fenômenos naturais. Suas vantagens relacionam-se à grande simplicidade e à confiabilidade da operação.

Nesta lagoa o afluente entra em uma extremidade da lagoa e sai na extremidade oposta, demorando vários dias para fazer este percurso, que ocorre em três zonas da lagoa, denominadas: zona anaeróbia, aeróbia e facultativa. É



necessário que haja uma fonte de energia luminosa, como o sol. Também ocorre a fotossíntese, que, por depender da energia solar, é mais elevada próximo à superfície da lagoa, ocorrendo só durante o dia.

O processo posterior utilizado à lagoa facultativa é, normalmente, a lagoa de maturação, que é um processo de tratamento biológico usado como refinamento do tratamento prévio por lagoas, ou outro processo biológico. Reduz bactérias, sólidos em suspensão, nutrientes e uma parcela negligenciável de DBO. (SAAE, 2006)

O principal objetivo das lagoas da maturação é o da remoção de patogênicos, e não da remoção adicional de DBO. Elas são uma alternativa bastante econômica à desinfecção do efluente por métodos mais convencionais, como a cloração. (VON SPERLING, 1996)

Falando da parte sólida que saiu dos leitos de secagem e foi para a desinfecção nas leiras de compostagem, esta deve ser destinada de maneira ecologicamente correta. Desta forma, segundo Hirata et al. (2015) e Gewehr (2009), existem várias alternativas de destinação ou disposição final do lodo de esgoto depois de este já ter passado por tratamento. Tais alternativas, juntamente com suas vantagens e desvantagens podem ser vistas no Quadro 2, abaixo:

**Quadro 2 - Vantagens e Desvantagens das alternativas de disposição e destinação final do lodo de esgoto depois de tratado**

ALTERNATIVAS	VANTAGENS	DESvantagens
<b>ATERRO SANITÁRIO – lodo confinado em células e recoberto com terra.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo custo;</li> <li>- Acelera processo de biodegradação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessita de grande área;</li> <li>- Desperdício de matéria orgânica;</li> <li>- Distante de centros urbanos;</li> <li>- Solo deve ser impermeável;</li> <li>- Produção de gases e lixiviado;</li> <li>- Dificuldade de recuperação da área pós-encerramento do aterro.</li> </ul>
<b>INCINERAÇÃO – decomposição térmica via oxidação. Torna o resíduo menos volumoso, menos tóxico e pode até eliminá-lo.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução drástica de volume;</li> <li>- Esterilização.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto custo;</li> <li>- Gerenciamento das cinzas;</li> <li>- Poluição atmosférica;</li> <li>- Destruição da matéria orgânica.</li> </ul>
<b>DISPOSIÇÃO SUPERFICIAL NO SOLO (LANDFARMING) – solo impermeabilizado recebe doses elevadas de lodo por vários anos. O objetivo é de biodegradar os resíduos orgânicos e reter os metais na camada superficial do solo.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo custo;</li> <li>- Disposição de grandes volumes por unidade de área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possível acumulação de metais pesados e/ou elementos de difícil decomposição no solo;</li> <li>- Possível contaminação do lençol freático;</li> <li>- Odor indesejado;</li> <li>- Dificuldade de reintegração da área.</li> </ul>

<b>RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta taxa de aplicabilidade do lodo;</li> <li>- Resultados positivos sobre a reconstituição do solo e flora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Libera maus odores;</li> <li>- Limita a composição do lodo para tal uso;</li> <li>- Possível contaminação do lençol freático.</li> </ul>
<b>RECICLAGEM AGRÍCOLA – única alternativa regulamentada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grande disponibilidade de áreas;</li> <li>- Efeitos positivos sobre o solo;</li> <li>- Solução em longo prazo;</li> <li>- Potencial como fertilizante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitações referentes a composição do lodo e taxa de aplicação;</li> <li>- Contaminação do solo;</li> <li>- Contaminação dos alimentos;</li> <li>- Possível patogenicidade;</li> <li>- Liberação de odores indesejados.</li> </ul>
<b>RECICLAGEM INDUSTRIAL – lodos utilizados como matéria prima, expostos a altas temperaturas, reduzindo riscos sanitários ao máximo.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Destino ambientalmente seguro;</li> <li>- Preservação das jazidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alteração nos processos.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Hirata et al., 2015 e Gewehr, 2009.

Para elaboração de uma planilha orçamentária, as tabelas de custos mais utilizadas são as tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), que estabelece regras e critérios para elaborar orçamentos de referência de obras e serviços de engenharia. Essa tabela é divulgada para cada Estado brasileiro e dividida em tabela de insumos e de composições.

#### 4 METODOLOGIA

Para o dimensionamento foi utilizado o software Autocad®, livros que descrevem as equações necessárias para esse dimensionamento, além de fazer a busca em meio eletrônico para melhor entendimento quanto ao desenho do projeto.

Foi necessário seguir o que as referências citam quanto ao dimensionamento de cada processo de tratamento, para encontrar a área necessária para cada processo, o volume, e o total de área necessário para implantação de toda a central de tratamento do lodo.

Depois de ser feita a elaboração do projeto da central de tratamento e destinação final do lodo, é imprescindível que se faça uma estimativa dos custos que envolvem sua implantação, ou seja, a construção dos processos dimensionados.

Os custos foram obtidos por meio da tabela de custos unitários e composições, SINAPI, onde estes são estabelecidos pela CAIXA e pelo IBGE. Essa tabela é muito utilizada, para fins de projetos públicos e privados, para tanto, e é uma fonte confiável, com valores reais ou bem próximos da realidade. As quantidades de cada item serão obtidas pela observação do projeto presente no Anexo C.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Depois de pesquisar os diversos processos existentes em cada etapa de tratamento do lodo proveniente de esgoto sanitário é possível elencar os mais viáveis para a cidade de Mondaí, levando em consideração as características da mesma, citadas anteriormente. Diante disso, chegou-se a conclusão de que a central deve ter os seguintes processos: I) Gradeamento; II) Tanque de equalização; III) Leito de secagem para desidratação do lodo; IV) Leiras de compostagem associadas a um material estruturante, que seriam as podas de árvores; V) Lodo tratado utilizado para fins agrícolas; VI) Reator anaeróbio UASB; VII) Lagoa facultativa; VIII) Lagoa de Maturação; IX) Encaminhamento para corpo receptor.

Quanto ao gradeamento, este processo foi escolhido porque tem como objetivo a remoção de sólidos grosseiros, com diâmetro superior a 10mm, como materiais plásticos constituintes de embalagens, pedaços de madeira e metal, entre outros. (TAFFAREL, 2012).

Depois disso, optou-se pela utilização de um tanque de equalização, pois o mesmo servirá para regular a vazão que deve ser constante nas próximas unidades de tratamento. Ele também fará a homogeneização do efluente, tornando diversas características mais uniformes, e os próximos tratamentos mais eficientes. (TAFFAREL, 2012; LANZER e WOLFF, 2005).

O leito de secagem é uma forma natural de desidratação do lodo, não necessitando de gastos de energia para seu funcionamento, pois age pela luz natural vinda do sol. Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2001) afirmam que esse processo é indicado para comunidades de pequeno e médio porte, até cerca de vinte mil habitantes.

Algumas das principais vantagens do uso de leite de secagem é o baixo valor de investimento, a simplicidade de sua operação, o baixo nível de atenção exigido, a baixa qualificação do operador e o baixo ou inexistente consumo de energia elétrica e de produto químico. (ANDREOLI, VON SPERLING E FERNANDES, 2001).

As principais vantagens analisadas e encontradas nas leiras revolvidas foram o baixo investimento inicial, a simplicidade de operação, o uso de equipamentos simples, a produção de um composto homogêneo e de boa qualidade e a possibilidade de rápida diminuição do teor de umidade das misturas devido ao revolvimento. (FERNANDES e SILVA, 1999)

Os processos descritos acima tratam o lodo no momento de sua entrada no sistema (tanque de equalização), quando ocorre sua desidratação (leite de secagem) e depois que o lodo está desidratado, juntam-no com um material estruturante, como no caso, as podas de árvores, muito presentes no município, para encaminhá-lo a um destino ecologicamente correto (compostagem e uso agrícola).

No momento em que há a desidratação do lodo, a parte líquida também deverá ser tratada para, somente depois, ser encaminhada a um corpo receptor, sem que esse seja contaminado ou prejudicado de alguma forma. Portanto, os processos descritos a seguir precedem a disposição do líquido desaguado do lodo séptico pelo leite de secagem, no corpo de água receptor, que será o curso hídrico que existe na cidade de Mondaí.

O reator anaeróbio UASB foi escolhido por não precisar de área extensa. Segundo Silva (2012), ele está entre as tecnologias mais utilizadas no Brasil, tendo como principal finalidade estabilizar a matéria orgânica. Ele tem simplicidade operacional e baixo custo de implantação. (SILVA, 2012)

Depois do reator deve haver mais processos para que líquido tratado possa estar apto a ser encaminhado à um curso hídrico, e diante disso foram projetadas as lagoas facultativa e de maturação.

A lagoa facultativa foi escolhida por servir para estabilizar o afluente líquido. Segundo Von Sperling (1996), ela consiste na retenção do afluente por um período de tempo longo o suficiente para que os processos naturais de estabilização da matéria orgânica se desenvolvam. As vantagens envolvem a simplicidade e a confiabilidade da operação da mesma, sua construção é simples, envolvendo

basicamente a movimentação de terra, e seus custos operacionais são desprezíveis comparados com outros métodos de tratamento. (VON SPERLING, 1996)

A lagoa de maturação foi escolhida por ter como objetivo principal a remoção de patogênicos, e não da remoção adicional de DBO, que já é garantida pelos processos anteriores. Segundo Von Sperling (1996), essas lagoas são uma alternativa bastante econômica à desinfecção do efluente, podendo atingir eficiências na remoção de coliformes elevadíssimas e, segundo Arceivala (1981), eliminar totalmente os helmintos, cistos e ovos.

Depois de realizar todos esses tratamentos de lodo, o efluente tratado será encaminhado a um recurso hídrico, que deverá se localizar nas proximidades da central.

Como se pode perceber, em todos os processos optou-se pela forma mais eficiente e que trás mais benefícios à localidade, bem como por formas naturais de tratamento, diminuindo ou quase eliminando o uso de energia elétrica.

Antes que se faça a instalação de uma central como a projetada, é preciso analisar alguns fatores que possam causar impactos ambientais, sendo eles, segundo Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2001): odor, atração de insetos, ruído, transporte, riscos sanitários (relação entre o número de pessoas expostas ao uso do lodo, a qualidade do lodo e as rotas de infecção), contaminação do ar, contaminação do solo e subsolo (varia segundo o tipo de disposição final), contaminação de águas superficiais ou subterrâneas (ocorre quando opta-se por disposição no solo ou aterros sanitários), valorização ou desvalorização de áreas próximas, e incômodos à população afetada.

Depois de serem identificados os processos que constituirão o projeto, foram feitos os cálculos para obtenção das áreas e volumes de cada um dos mesmos, e um breve resumo desses cálculos podem ser vistos a seguir.

Para o gradeamento foram seguidas todas as especificações descritas nas normas da associação brasileira de normas técnicas, portanto, mais especificamente a ABNT NBR 12208/1992. Para tanto, a área necessária calculada para o mesmo é de 2,64 m<sup>2</sup> e seu volume é de 3,43 m<sup>3</sup>, levando em conta que o comprimento do mesmo é de 2,20 m, a largura de 1,20 m e a altura de 1,30 m.

Para o tanque de equalização, seguiu-se o que Lanzer e Wolff (2005) estabeleceram para seu dimensionamento. Desta forma, foi obtida a vazão de

12.125 L/d que passará neste tanque, com vazão horária de 505,42 L ou 0,505 m<sup>3</sup>. O volume total necessário é de 0,505 m<sup>3</sup>. A profundidade adotada foi de 3 m, e as dimensões encontradas foram de 0.41 m, porém, para melhor construção do tanque e pelo valor encontrado para os lados ter sido muito baixo, optou-se por adotar o valor de 2 m para os mesmos. Isso resulta em um volume corrigido de 12.000 L ou 12 m<sup>3</sup>, e uma área de 4 m<sup>2</sup>.

Quanto ao dimensionamento de um leito de secagem, foram observados os cálculos descritos por Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2001), com uma população de 12.125 habitantes. O ciclo de secagem e limpeza do lodo resultou em 20 dias. A área requerida por habitante é de 0,022 m<sup>2</sup>/hab.

Foram adotadas dimensões para cada célula do leito de secagem, levando em consideração a relação de comprimento e largura  $L/B = 2$ , que mostra mais eficiência. Então adotou-se três células de secagem de 135 m<sup>2</sup>. As dimensões ficaram em 16,50 m por 8,20 m, resultando em uma área de 135,30 m<sup>2</sup> e, portanto, uma área total de 405,90 m<sup>2</sup> para o leito de secagem.

No dimensionamento das leiras de compostagem, foram seguidos os cálculos descritos por Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2001), com a mesma população citada acima, chegando ao valor da vazão de lodo desidratado de 0,849 m<sup>3</sup>/d, e, considerando o peso específico dos sólidos secos mais a água, a massa total de lodo passa para 0,89 ton./d.

Levando em consideração as características do lodo primário (retirado de tanques sépticos) e do material estruturante (podas de árvores), chegou-se à conclusão de que a cada uma parte de lodo adicionada para compostagem, deve-se adicionar duas partes e meia de material estruturante, ou seja, a cada 0,89 ton./d de lodo, deve ser adicionado 2,23 ton./d de podas de árvores.

Foi calculada também a quantidade de água que deverá ser adicionada à mistura por motivo de a mesma não ter atingido o percentual de umidade suficiente, entre 50 a 60%. Para tanto, pode-se afirmar que o volume de água que deverá ser adicionado por dia é de 1,59 m<sup>3</sup>.

Para definir as leiras de compostagem deve-se saber que a massa para compostagem diária é de 3,12 ton./d., sendo esta a soma do lodo e do material estruturante. Diante disso, considera-se uma porosidade de 30% e peso específico de 1,1, resultando em um volume de material de 3,69 m<sup>3</sup>/d.

Com isso, adotam-se leiras triangulares com altura de 1 m e largura de 2 m, chegando ao comprimento de 3,70 m para cada uma das leiras. Depois de se assumir um valor para a circulação lateral entre cada leira, igual a 2 m, tem-se o valor de 22,80 m<sup>2</sup> de área ocupada por cada leira. Como o processo de compostagem, segundo Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2001), leva cerca de 15 dias, necessita-se de espaço para 15 leiras, sendo uma por dia, e assim, a área de compostagem fica em 342 m<sup>2</sup>.

Também é necessária uma área de armazenagem do composto para seu período de cura, que deverá ser de 912 m<sup>2</sup>. Após, deve-se assumir 50% da área de cura e de compostagem para almoxarifado, escritório, trânsito e carregamento de caminhões, entre outros, onde o valor encontrado ficou em 1881 m<sup>2</sup>.

Por fim, analisando a população total de projeto, tem-se a área de compostagem por pessoa no valor de 0,16 m<sup>2</sup>/hab.

Seguindo agora com o Reator Anaeróbio UASB, é necessário que se saiba que a vazão afluyente, que é a que entra no início do sistema de tratamento, deve ser considerada apenas 85% da que entra no gradeamento, no tanque de equalização e no leito de secagem, pois, depois de o lodo passar por este último, ela reduz seu volume em 85%, sendo este valor a parte líquida, que vai para o tratamento líquido do reator anaeróbio e posteriormente para as lagoas. (RAMALDES, LIMA e GONÇALVES, 2002). Diante do exposto, a vazão que passará pelo reator passará de 12,13 m<sup>3</sup>/d para 10,31 m<sup>3</sup>/d.

No cálculo da vazão horária obteve-se o valor de 0,429 m<sup>3</sup>/h, e a partir disso e do tempo de detenção adotado, de 8 horas, o resultado obtido para o volume do reator é de 3,44 m<sup>3</sup>. Diante desse valor e analisando os produtos da empresa Bakof Tec, optou-se por adotar o reator UASB com tamanho mínimo disponibilizado pela mesma, que é de 5 m<sup>3</sup>. As dimensões do mesmo são de diâmetro maior = 2,25m, diâmetro menor = 1,90m e altura = 1,75m.

No dimensionamento da lagoa facultativa foram seguidos os cálculos e tabelas propostos por Von Sperling (1996), levando-se em consideração o fluxo disperso, que é a entrada e saída do efluente de forma contínua, a população de 12.125 habitantes, a vazão afluyente de 10,31 m<sup>3</sup>/d, temperatura do mês mais frio de 23° C e a DBO afluyente de 400 mg/L.



A partir da carga afluyente de  $DBO_5$  de 4,124 kg/d e da taxa de aplicação superficial de 180 kg $DBO_5$ /há.d, chegou-se ao valor uma área requerida de 229,11 m<sup>2</sup>. A partir da profundidade adotada de 2 m e da área requerida, foi obtido o valor de 458,22 m<sup>3</sup> para o volume da lagoa.

Calculou-se que essa lagoa facultativa chegará à uma eficiência na remoção da DBO de 87,17%, com as seguintes dimensões, considerando relação de talude e profundidade de lagoa igual a 2:1 e utilizando a equação do tronco de pirâmide:

- a) Profundidade: 2m;
- b) Largura da base maior (em cima): 13,50 m;
- c) Comprimento da base maior (em cima): 27,00 m;
- d) Largura da base menor (em baixo): 6,70 m;
- e) Comprimento da base menor (em baixo): 17,50 m.

Contando o espaço ocupado pelos taludes espelhados para conter a lagoa, necessita-se de uma área total de 1.150,34 m<sup>2</sup>.

Para o dimensionamento da lagoa de maturação, foram seguidos os cálculos de Von Sperling (1996), levando-se em consideração o fluxo disperso, população de 12.125 habitantes, vazão afluyente de 10,31 m<sup>3</sup>/d e temperatura do líquido no mês mais frio de 23 °C.

Obteve-se, para a carga de coliformes fecais, o valor de 4,85 x 10<sup>14</sup> CF/d, para concentração de coliformes fecais no esgoto bruto o valor de 4,7 x 10<sup>9</sup> CF/100ml e o valor de 1,43 x 10<sup>8</sup> CF/100ml para concentração efluente de coliformes.

Optou-se pela alternativa de lagoa de maturação única com três chicanas, onde foi adotado um tempo de detenção para a mesma de 10 dias. Além disso, foi calculado o volume da lagoa, onde foi encontrado o valor de 103,10 m<sup>3</sup>.

Depois de saber o volume da lagoa, deverá ser adotada a profundidade da mesma, na faixa de 0,80 m a 1,50 m. Desta forma foi adotada uma profundidade de 1,0 m, e obtido o valor de 103,10 m<sup>2</sup> para a área da lagoa.

Como a lagoa é composta em três chicanas, que deverão ter larguras idênticas, deve-se dividir o comprimento da base menor (de baixo da lagoa) por quatro espaços, onde obteve-se o valor de 3,09 m. As dimensões externas da lagoa deverão obedecer a relação L/B, de comprimento/largura, igual a 2, que é a relação que representa maior eficiência na remoção de DBO ou de coliformes fecais. Essas

dimensões foram obtidas e elas representam 7,18 m de largura e 14,36 m de comprimento.

Foram então calculadas as dimensões exatas da lagoa por meio da equação do tronco de pirâmide, tanto para a área da base maior quanto para a área da base menor. Os resultados são os seguintes, considerando relação de talude e profundidade de lagoa igual a 2:1:

- a) Profundidade: 1,0 m;
- b) Largura da base maior (em cima): 17,20 m;
- c) Comprimento da base maior (em cima): 8,60 m;
- d) Largura da base menor (em baixo): 5,18 m;
- e) Comprimento da base menor (em baixo): 12,36 m.

Contando o espaço ocupado pelos taludes espelhados para conter a lagoa, necessita-se de uma área total de 541,62 m<sup>2</sup>. A eficiência na remoção de coliformes fecais desta lagoa ficou em 90,88%, levando em conta o tempo de detenção adotado de 10 dias, a profundidade adotada de 1 m e a relação L/B para fluxo disperso = 2.

O próximo passo depois de o efluente passar pela lagoa de maturação é encaminhá-lo para um curso hídrico, sem que haja contaminação ao mesmo.

Para elaboração da planilha orçamentária do projeto proposto e dimensionado, presente no Anexo A, utilizaram-se as tabelas do SINAPI, sendo que um resumo dos custos obtidos pode ser visto na Tabela 1, abaixo.

**Tabela 1 - Custos envolvendo processos do projeto e alguns outros itens**

<b>Item</b>	<b>Custo do item (R\$)</b>
<b>Serviços iniciais</b>	1.432,78
<b>Gradeamento</b>	3.396,23
<b>Tanque de equalização</b>	6.970,18
<b>Leitos de secagem</b>	68.891,45
<b>Leiras de compostagem e área de cura</b>	2.395,59
<b>Reator UASB</b>	2.782,31
<b>Lagoa Facultativa</b>	16.657,52
<b>Lagoa de Maturação</b>	10.559,44
<b>Portões e cerca – isolamento da área</b>	22.898,93

<b>Taludes de ancoragem das lagoas</b>	18.128,09
<b>Vias de circulação interna e estacionamento</b>	247.025,95
<b>Gramma e árvores</b>	2.549,89
<b>Caixas de inspeção</b>	4.494,77
<b>Serviços finais</b>	2.376,00
<b>Administração</b>	81.012,48
<b>Valor total do investimento inicial – materiais e mão de obra</b>	491.571,61

Fonte: Autoria própria.

Na estimativa dos custos do projeto não foram considerados os custos de benefícios e despesas indiretas – BDI, nem da recepção, almoxarifado, controle e outros, apenas do sistema em si, e sua execução. Também não foi estimado o custo da compra do terreno para implantação do sistema.

Diante dos valores presentes no resumo do orçamento na Tabela 1, pode-se afirmar que o custo da instalação da central de tratamento e destinação final do lodo fica estimado em R\$ 202,71 por lote urbano, considerando um total de 2.425 unidades, onde este valor poderia ser incluído na taxa de recolha de lixo existente na cidade.

## 6 CONCLUSÃO

Levando em consideração que o tipo de sistema de tratamento de esgoto empregado nas edificações residenciais do município de Mondaí seja o individual, composto por tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro, e que o gerenciamento do lodo proveniente desse sistema não existe no município, foi projetada a central de tratamento e destinação final do lodo, que pode ser vista no Anexo A, com os seguintes processos: gradeamento, tanque de equalização, leitos de secagem, leiras de compostagem, reator anaeróbio UASB, lagoa facultativa e lagoa de maturação. Para escolha dos processos buscou-se alternativas naturais que não requisitassem o uso de energia elétrica para seu funcionamento. No total, considerando espaço para futura implantação de recepção, controle, escritório, almoxarifado, vias de

circulação interna, e todos os itens descritos no orçamento, a área necessária para a instalação da central é de 8.954,90 m<sup>2</sup> ou 0,89 há.

Os custos pertinentes ao projeto, estando excluídos os custos de operação da central, construção da recepção, controle, escritório, almoxarifado, aquisição da área, e demais itens que não integram diretamente o sistema de tratamento de lodo, totalizam R\$ 491.571,61. O custo da central de tratamento e destinação final do lodo, por lote, resultou em, aproximadamente, R\$ 202,71.

Portanto, a implantação desta central resolveria o problema da falta de um destino correto para o lodo séptico, que fica retido nos sistemas de esgoto individual, sem ser coletado, prejudicando o meio ambiente e a saúde dos seres vivos. Ela também auxiliaria os produtores agrícolas em seus campos de trabalho, melhorando as características dos produtos que posteriormente comercializam. Além disso, também retiraria as podas de árvore que os municípios depositam nas vias públicas, dando destino correto às mesmas.

## REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos:** tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001.

ANDREOLI, C. V. et al. A Gestão dos biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto doméstico. **Engenharia e Construção**, Curitiba, n. 24, set. 1998.

ANDREOLI, C. V. (Coord.). **Lodo de fossa e tanque séptico:** Caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

\_\_\_\_\_. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura.** Curitiba: SANEPAR/PROSAB, 1999.

APOSTILA tratamento de esgoto. **CESAN**, Brasil, jul. 2013.

ARCEIVALA, S J. **Wastewater treatment and disposal.** New York: Marcel Dekker, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229:** Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

\_\_\_\_\_. **NBR 12208**: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 12209**: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

BAKOFTEC. UASB GII. Disponível em: <[http://www.bakof.com.br/site/index.php/produtos/visualizar\\_produto/uasb-gii/2](http://www.bakof.com.br/site/index.php/produtos/visualizar_produto/uasb-gii/2)>. Acesso em: 13 out. 2016.

BELLI FILHO, P. et al. Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 166-170, 2001.

BETTIOL, W.; CAMARGO, A. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. **Revista Veja**, São Paulo, n. 1651, maio 2000.

BITTENCOURT, C.; PAULA, M. A. S. **Tratamento de água e efluentes: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

BORGES, N. B. **Caracterização e pré-tratamento de lodo de fossas e de tanques sépticos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO JUNIOR, G. A. **Instalações Hidráulicas Prediais: Utilizando tubos plásticos**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: FUNASA, 2006.

\_\_\_\_\_. Lei Federal Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis Nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei Nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Lex**: coletânea de legislação: edição federal, Brasília, 2007.

CAIXA Econômica Federal. SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

CANZIANI, J. R. F. et al. Análise econômica para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto da ETE-Belém. **SANARE**, Curitiba, v. 11, p. 51-58, jan./jun. 1999.

CASSINI, S. T. (Coord.). **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

CAVINATTO, V. M. **Saneamento Básico: Fonte de Saúde e Bem-Estar**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003.

CHERNICHARO, C. A. L. **Biological wastewater treatment: Anaerobic reactors.** IWA Publishing, 2007.

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

DEZZOTI, M. (Coord.). **Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos.** Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

ECKERT, J. E. **Porto Feliz, Porto Feliz de Mondahy, Mondai:** A história que ainda não foi contada. Florianópolis: Insular, 2002.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos.** Rio de Janeiro: PROSAB, 1999.

FERREIRA F. D.; CORAIOLA, M. Eficiência do lodo ativado em fluxo contínuo para tratamento de esgoto. **Revista Acadêmica ciências agrárias e ambientais,** Curitiba, v. 6, n. 2, p. 259-279, abr./jun. 2008.

GARCEZ, L. N. **Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 1976.

GEWEHR, A. G. **Ecoeficiência de estações de tratamento de esgoto: índice de lodo.** 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

GODOY, L. C. A logística na destinação do lodo de esgoto. **Revista Científica,** Guaratinguetá, v. 2, n. 1, nov. 2013.

GONÇALVES, F. R. Gerenciamento de lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas. Espírito Santo: PROSAB, 1999.

HIRATA, D. et al. O uso de informações patentárias para a valorização de resíduos industriais: o caso do lodo de tratamento de esgoto doméstico. **Revista de Ciências da Administração,** São Paulo, v. 17, n. 43, p. 55-71, dez. 2015.

IBGE. Censo Demográfico, 2010. Disponível em:  
<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=421100&idtema=1&search=santa-catarina|mondai|censo-demografico-2010:-sinopse->>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

LANZER, L. M.; WOLFF, D. B. Saneamento básico em Nova Petrópolis/RS: Implantação de sistemas descentralizados para o tratamento de esgoto sanitário. **Disc. Scientia,** Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 23-40, 2005.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas: Prediais e Industriais**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

MEDEIROS, E. J. S. et al. **Um método para determinar a frequência de descarga do lodo de excesso no reator UASB**. Campina Grande: UFPB, 1998.

MELO, V. O.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Instalações Prediais Hidráulico – Sanitárias**. São Paulo: Edgar Blücher, 1988.

MUNICÍPIO de Mondaí. IDMS – Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável. Disponível em: <<http://www.mondai.sc.gov.br/municipio/index/codMapaltem/9320>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

NOGUEIRA, S. F. **Balanço de nutrientes e avaliação de parâmetros biogeoquímicos em áreas alagadas construídas para o tratamento de esgoto**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

NUNES, J. A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 4. ed., Sergipe, 2004.

PHILIPPI JUNIOR, A. **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Manole, 2005.

RAMALDES, D. L. C.; LIMA, M. R. P.; GONÇALVES, R. F. **Uso de leito de secagem para desidratação de lodo de reatores UASB na região Sudeste do Brasil**. México, 2002.

SANTA CATARINA. Lei Complementar Nº 36, de 15 de março de 2012. **Institui o plano diretor de desenvolvimento municipal do município de Mondaí**. Mondaí, 2012.

\_\_\_\_\_. Lei Complementar Nº 38, de 15 de março de 2012. **Dispõe sobre as normas relativas às edificações - Código de edificações – do município de Mondaí, Estado de Santa Catarina e dá outras providências**. Mondaí, 2012.

SANT'ANNA, M. P.; CARVALHO, E. H. **Otimização de leitos de secagem para lodo gerado em lagoas de estabilização**. México, 2002.

SILVA, A. M. L. Estudo do tempo de detenção hidráulico (TDH) em reatores UASB e sua relação com a eficiência de remoção de DBO. **II SIGA Ciência**. São Paulo, 2012.

SILVA, A. G. et al. Compostagem aeróbia conjugada de lodo de tanque séptico e resíduos sólidos vegetais. **Engenharia sanitária ambiental**, Pernambuco, v. 13, n. 4, p. 371-379, out./dez. 2008.



SISTEMAS de tratamento de esgoto. **Serviço autônomo de água e esgoto, SAAE.** Aracruz, jun. 2006.

TAFFAREL, S. R. **Apostila de Operações e Processos Hidrassanitários I.** Canoas: Unilassalle, 2012.

TERA ambiental. A diferença entre o tratamento biológico e físico-químico. Disponível em: < <http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/339074/A-diferenca-entre-o-tratamento-biologico-e-fisico-quimico>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. Tratamento biológico aeróbio e anaeróbio de efluentes. Disponível em: <<http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/340697/Tratamento-biologico-aerobio-e-anaerobio-de-efluentes>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

VIDAL, W. L. **Aperfeiçoamentos hidráulicos no projeto de lagoas de estabilização, visando redução da área de tratamento:** uma aplicação prática. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú: ABES, 1983.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgoto.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

\_\_\_\_\_. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

**ANEXO A – PROJETO DA CENTRAL DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL  
DO LODO PROVENIENTE DE ESGOTO SANITÁRIO**

