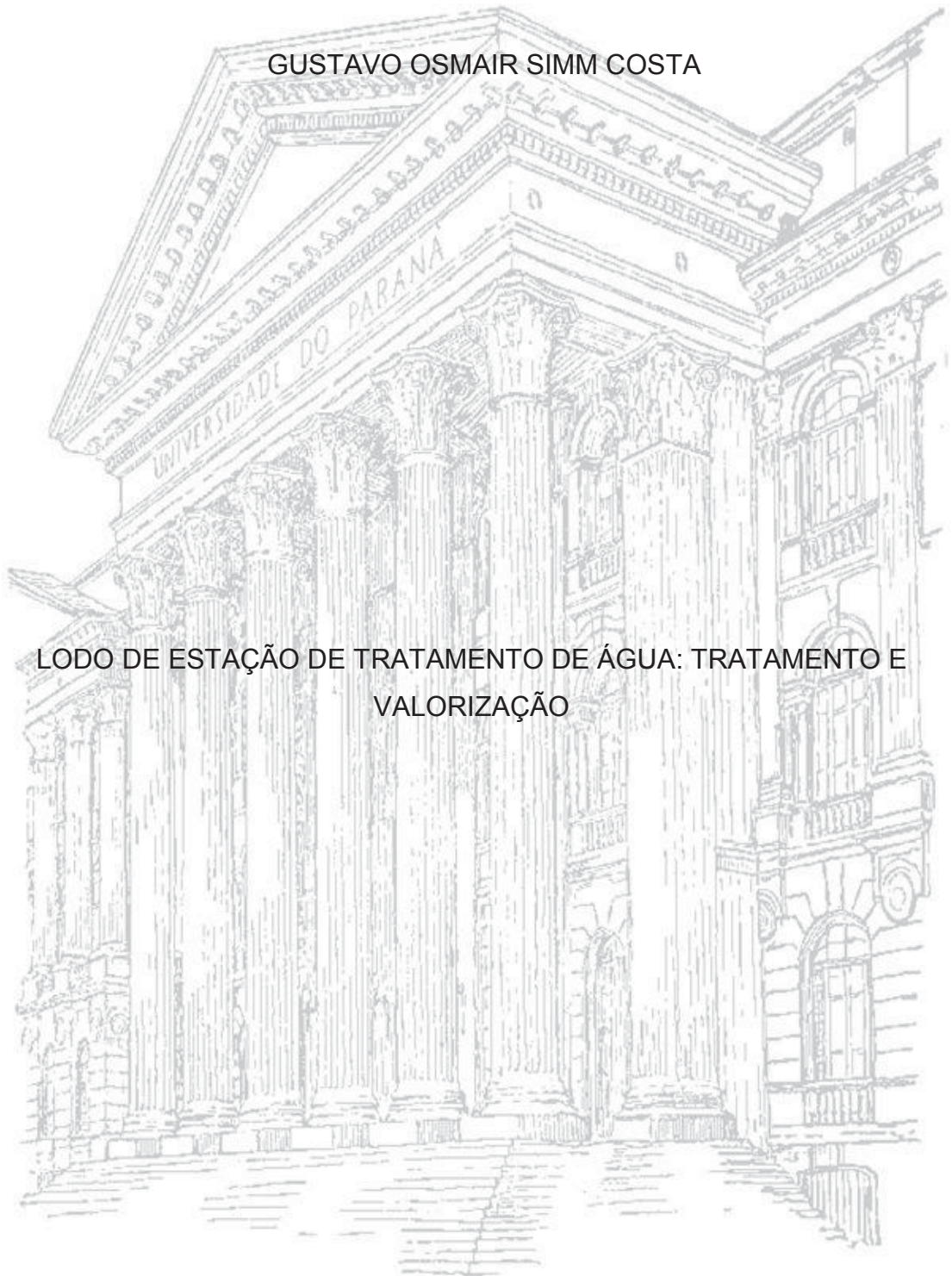


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GUSTAVO OSMAIR SIMM COSTA



LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA: TRATAMENTO E
VALORIZAÇÃO

CURITIBA
2018

GUSTAVO OSMAIR SIMM COSTA

**LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA: TRATAMENTO E
VALORIZAÇÃO**

Relatório Técnico Científico apresentado ao Curso de Pós-graduação MBA em Gestão Ambiental, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Jean Carlos Padilha
Co-orientadora: Prof. Tatiana Cristina Guimarães Kaminski

CURITIBA

2018

RESUMO

O crescimento populacional tem pressionado a demanda por água. Durante o processo de tratamento nas estações, as impurezas retiradas da água se acumulam em forma de resíduo. Assim é gerado o lodo, que contém todo o material coagulado e os sólidos retidos no filtro. O lodo de estação de tratamento de água é classificado por lei federal como resíduo sólido, e segundo norma ABNT, deve ser disposto em aterro apropriado. O estudo propôs verificar a quantidade diária de lodo produzido na ETA Cubatão na cidade de Joinville/ SC, quais os processos de tratamento utilizados e qual a destinação final do resíduo. Os resultados indicaram que a tecnologia aplicada ao processo na estação é adequada e eficiente, gerando pouca quantidade final de lodo em relação ao inicialmente gerado, com grande recuperação de água. A valorização do lodo em casos como o do estudo traz contribuição na recuperação de áreas degradadas, no incremento de nutrientes ao solo, além de poder ser aplicado nas indústrias cerâmica e cimenteira.

Palavras-chave: lodo, tratamento, água, resíduo.

ABSTRACT

The population growth demands water each time in higher scales. In the water treatment process, the impurities of the water accumulate and the sludge is occasioned. It contains the coagulated and solid material retained in the filter. The sludge of water treatment plant is classified by federal law as solid residual, and in the agreement of Brazilian technical norms, must be sent to appropriated landfill. This study has the propose to verify the amount of sludge produced in the water treatment plant of Cubatão in the city of Joinville, state of Santa Catarina. The results point that the technology in the process is correct and efficient, with big amount of water feedback. After the procces, the sludge is sent to appropriated landfill. The sludge can be usefel as insume in regeneration of land as a goal, and also can be applied in ceramics and cement industry.

Palavras-chave: sludge, treatment, water, residual.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Geração de lodo em função da qualidade da água bruta.....	6
Tabela 2 – Constituição de lodo a partir de tratamento com coagulante $Al_2(SO_4)_3$	6
Tabela 3 – Constituição de lodo de ETA por análise química.....	7
Tabela 4 – Parâmetros de lodo bruto e drenado.....	10
Tabela 5 – Concentrações de areia, silte, argila e matéria orgânica das amostras.	12
Tabela 6 – Propriedades do concreto fresco contendo lodo de ETA.....	13
Tabela 7 – Parâmetros de resíduos de ETA, compostagem e esterco bovino.....	15
Tabela 8 – Nutrientes e pH em área degradada com aplicação de lodo.....	16
Tabela 9 – Recuperação de coagulante por via ácida.....	17
Tabela 10 – Resíduos gerados na ETA Cubatão / Joinville – SC.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al ₂ O ₃	Óxido de Alumínio
Ca	Cálcio
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ETL	Estação de Tratamento de Lodo
Fe ₂ O ₃	Óxido Férrico
ISO	<i>International Organizaton for Standardization</i>
K	Potássio
LETA	Lodo de Estação de Tratamento de Água
LETE	Lodo de Estação de Tratamento de Esgoto
Mg	Magnésio
N	Nitrogênio
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
S	Enxofre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2	OBJETIVOS.....	2
1.2.1	Objetivo Geral	2
1.2.2	Objetivos Específicos	2
1.3	JUSTIFICATIVA.....	3
2	MATERIAL E MÉTODOS	4
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
3.1	TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO	5
3.2	RESÍDUOS EM ETA.....	5
3.3	CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LODO	5
3.4	OPERAÇÕES COM LODO DE ETA.....	8
3.4.1	Sistemas Mecânicos	8
3.4.2	Lagoas de Lodo	9
3.4.3	Bags de Geotecido	9
3.4.4	Leitos de Drenagem	9
3.5	USO DE COAGULANTES ORGÂNICOS NATURAIS	10
3.5.1	Taninos	11
3.6	TRATAMENTO DO LODO DE ETA.....	11
3.7	VALORIZAÇÃO DO LODO DE ETA.....	12
3.7.1	Indústria Cerâmica	12
3.7.2	Indústria Cimenteira	13
3.7.3	Aplicação Agrícola	14
3.7.4	Recuperação de Áreas Degradadas	16
3.7.5	Recuperação de Coagulante	17
3.8	ASPECTOS LEGAIS	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A água se define por recurso natural que abrange por volta de três quartos até quatro quintos da superfície terrestre. Estima-se que 97% do total esteja contido em mares e somente 3% se refira à água doce. A água subterrânea vem sendo acumulada no subsolo na temporalidade de séculos, e parte irrisória do porcentual total é acrescentada por chuvas ou retirada para uso do homem. No que diz em respeito ao aspecto fluvial, o volume de água é renovado cerca de trinta e uma vezes todos os anos (Brasil, 2016).

Conhecida como solvente universal, a água não é detectada em seu estado de pureza absoluta na natureza. O fato de ser uma molécula polar facilita a presença de compostos dissolvidos. Sais de matéria orgânica e inorgânica, material orgânico suspenso, gases dissolvidos, colóides, material tóxico e microrganismos fazem parte da constituição da água. Poluentes como óleos e graxas são comumente encontrados (Brasil, 2016).

Segundo Sperling (2014, p. 19), são usos comuns da água:

“Abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, preservação da fauna e da flora, recreação e lazer, criação de espécies, geração de energia elétrica, navegação, harmonia paisagística, diluição e transporte de despejos.”

De acordo com o mesmo autor, somente as águas de abastecimento requerem tratamento prévio. O crescimento populacional nos grandes centros tem aumentado significativamente a demanda por água potável. Para a operação de uma estação de tratamento de água – ETA, o processo requer a retirada de sólidos e poluentes da água, o que gera o resíduo (lodo) (Andreoli, 2001). O lodo de ETA provém dos decantadores em sua maior parte, e representa 0,3% a 1,0% do volume de água tratada quando do uso dos coagulantes tradicionais de sais metálicos. Há presença de inertes, matéria orgânica e precipitados químicos, com grande quantidade de compostos de alumínio ou ferro, a depender do material utilizado para o processo de coagulação (Hoppen et al, 2005).

Segundo a Lei Federal nº 12305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a definição de resíduo sólido engloba aquele provindo dos serviços públicos de saneamento (Brasil, 2010). De acordo com a NBR 10004 de 2004, a classificação de resíduo sólido inclui resíduos de águas de abastecimento e residuárias, estando estes dentro da classe IIA – não perigosos e não inertes. A disposição do lodo de ETA deve ser portanto em aterros específicos em acordo com a classificação (ABNT, 2004). A disposição do resíduo no corpo hídrico é citada pela Lei nº 9433 de 1997, permitida em casos submetidos à outorga de órgão ambiental, e, de acordo com a Lei Nº 9605 de 1998, caracteriza crime ambiental (Brasil, 1997; Brasil, 1998)

Percebe-se impactos no corpo d'água que recebe o lodo de ETA, em parâmetros como quantidade de sólidos, aumento da cor e turbidez, e em consequência redução da penetração da luz, o que acarreta na diminuição da atividade fotossintética e concentração de oxigênio dissolvido (Libânio, 2010).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar a quantidade de lodo produzido na ETA Cubatão em Joinville / SC e propor alternativas de redução quantitativa.

1.2.2 Objetivos Específicos

- A) Verificar a destinação do lodo produzido na ETA Cubatão;
- B) Propor alternativas de processos que reduzam a produção de lodo, ou diminuam seu volume com operação ou processo adequado;
- C) Discutir alternativas de utilização para lodo de ETA.

1.3 JUSTIFICATIVA

O lodo de ETA gera custos quanto ao transporte e destinação em aterro apropriado. As tecnologias e operações aplicadas ao saneamento para o caso vão desde dispositivos mecânicos para desaguamento do lodo, de baixo custo de implementação e manutenção (no caso, apropriados e viáveis para pequenos municípios), até estruturas mais complexas para tratamento do resíduo (aplicáveis a cidades de médio e grande porte).

O aproveitamento do lodo de ETA é um tema cada vez mais debatido, uma vez em que este tipo de resíduo é gerado constantemente. O desenvolvimento de tecnologias neste setor alavancam a participação do setor privado, uma vez em que o uso do resíduo se torne viável economicamente em diferentes áreas. Os benefícios para a gestão pública e para a questão ambiental neste caso são de grande dimensão.

Junto com a estrutura de saneamento no país, o caso em questão é de extrema importância. Tal fato leva a concluir, que além do fator de preservação do meio ambiente envolvido, ações como a utilização do lodo, a diminuição da geração ou a redução do volume do lodo geram vantagens econômicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado primeiramente através de revisão bibliográfica de material científico e técnico relacionados ao tema referido.

Visita à estação de tratamento de água de serviço municipal de saneamento básico de São Bento do Sul/ SC foi realizada no período de junho do corrente ano, a fim de conhecimento do processo e modos de operação, atentando principalmente à questão dos resíduos. Pela ocasião da falta de dados técnicos suficientes para o desenvolvimento do trabalho, foram colhidas informações a respeito da estação de tratamento de água de Cubatão, no município de Joinville/ SC. Além do conhecimento das operações envolvendo resíduos nesta citada estação, dados referentes à quantificação do lodo gerado e sua destinação foram colhidos através de diagnóstico setorial produzido para a prefeitura no ano de 2010.

A abordagem de cunho técnico e científico visa contextualizar, fundamentar, argumentar e propor alternativas referentes ao objeto de estudo.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO

O tratamento de águas de abastecimento é basicamente uma combinação de processos e operações físico-químicas. O ciclo completo se dá pela sequência dos procedimentos de coagulação, floculação, sedimentação e desinfecção. Apresenta eficiência quanto a remoção de cor, turbidez e contaminantes, de modo que se procure atender a Portaria Nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde, que trata dos níveis de potabilidade de água para consumo humano (Brasil, 2011; Silveira, 2012).

3.2 RESÍDUOS EM ETA

Assim como em qualquer processo ou operação, no tratamento de água há a produção de resíduos. Para que ocorra a transformação da água bruta em água potável, ocorre a retenção de material sólido nos decantadores e filtros (Silveira, 2012).

A lavagem dos filtros, aplicada periodicamente nas estações, implica em geração de resíduo. Porém, maior parte da massa residual consiste na parte de fundo dos decantadores, onde ocorre a separação sólido-líquido (decantação ou sedimentação) da água proveniente dos processos de coagulação e floculação (Silveira, 2012).

3.3 CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LODO

O resíduo de ETA é um fluido não-newtoniano, volumoso e tixotrópico, que pode ser classificado em estado gel quando em repouso e relativamente fluido quando agitado (Silva, 2002). É constituído por resíduos orgânicos e inorgânicos removidos da água bruta, como: algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas suspensas, colóides, areias, argila, siltes, cálcio, magnésio, ferro, manganês, alumínio (Grandin *et al*, 1993).

O teor de sólidos totais pode variar de 0,1 a 4% em volume. Por volta de 65 a 90% são sólidos suspensos e 10 a 35% correspondem a compostos voláteis. A massa específica varia em acordo com a concentração de sólidos, podendo variar entre valores de $1,002\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a $1,50\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Richter, 2001).

Deve-se considerar o fato de um manancial apresentar variações sazonais na qualidade da água, questão que implica na qualidade e quantidade do lodo gerado (Reali, 1999). Fatores relativos à quantidade de lodo são observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Geração de lodo em função da qualidade da água bruta

Fonte de captação	Produção de lodo (g de sólido por m^3 de água tratada)
Água de reservatório com boa qualidade	12 – 18
Água de reservatório com média qualidade	18 – 30
Água de reservatório com baixa qualidade	30 – 42
Água de rio com qualidade média	24 – 36
Água de rio com qualidade baixa	42 – 54

Fonte: Adaptado de Reali, 1999

Quando comparado o lodo de ETA ao de ETE – estação de tratamento de esgoto, o efluente provindo da água possui nitrogênio e carbono orgânico mais estáveis (AWWA, 1995). Possui potencial de toxicidade de acordo com o índice de metais presente (Portela *et al*, 2003).

O lodo de ETA proveniente de tratamento com o coagulante mais comumente empregado, sulfato de alumínio, possui pequena proporção de biodegradabilidade. Tem coloração marrom, com consistência e viscosidade lembrando chocolate líquido, e possui difícil sedimentação ou flotação em estado natural. Sua aparência varia de acordo com a concentração de sólidos. Para valores de 0 a 5%, a aparência é líquida, para valores de 8 a 12%, parece esponjoso ou semi-sólido, e para números entre 18 e 25%, lembra argila ou barro suave (Richter, 2001).

A constituição e algumas características do resíduo em questão são encontradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Constituição de lodo a partir de tratamento com coagulante $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Sólidos Totais (%)	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (%)	Material Inorgânico (%)	Material Orgânico (%)	pH	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
0,1 – 4	14 – 40	35 – 70	15 – 25	6 – 8	30 – 300	30 – 5000

Fonte: RICHTER, 2001

A pesquisa de Portela *et al* (2003) foi realizada a partir do colhimento de duas amostras de lodo (cada uma durante o período de um mês) provindo do decantador da ETA Passaúna / Região Metropolitana de Curitiba – PR e seguido de processo de centrifugação. Obteve-se os resultados apresentados na Tabela 3.

As metodologias aplicadas foram potenciometria, fluorescência de raio x, espectrofotometria de absorção atômica e espectrofotometria de absorção atômica em chama. O coagulante empregado foi o sulfato de alumínio. Os compostos mais encontrados foram: o óxido de alumínio (Al_2O_3), também chamado de alumina, provindo da ação do coagulante a base de alumínio; o dióxido de silício (SiO_2), originado da areia contida na água bruta; e o óxido férrico (Fe_2O_3) ou óxido de ferro III, também chamado de hematita (Portela *et al*, 2003).

Tabela 3 – Constituição de lodo de ETA por análise química

Composto (%)	Amostra de lodo 1	Amostra de lodo 2
SiO_2	14,10	12,75
Al_2O_3	23,62	20,80
Fe_2O_3	8,39	7,58
TiO_2	0,35	0,68
MgO	0,15	0,42
CaO	0,33	0,36
Na_2O	<0,02	0,10
K_2O	0,11	0,27
P_2O_5	0,34	0,69
Outros	3,60	5,23

Fonte: Adaptado de Portela *et al*, 2003

Os teores de umidade encontrados foram 87,5% para a amostra 1 e 86,4% para a amostra 2. Já quanto aos índices de pH, foram tidos os valores de 7,02 para a amostra de lodo 1 e 6,46 para a amostra de lodo 02 (Portela *et al*, 2003).

3.4 OPERAÇÕES COM LODO DE ETA

A desidratação dos resíduos de ETA se resume em reduzir o volume de lodo obtido. Pode ser definida como uma separação sólido-líquido, a partir de adensamento. Aumenta-se a concentração de sólidos no material sedimentado, otimizando o transporte e a disposição final (Silveira, 2012).

O desaguamento do lodo pode ser feito através de sistemas mecânicos ou naturais. A primeira categoria citada se dá pela utilização de prensa desaguadora, centrífuga, filtro prensa de esteira, filtro prensa de placas ou filtro rotativo à vácuo. Há também em contrapartida os sistemas naturais, alguns com métodos de uso e pesquisa relativamente recentes, em que podem ser citados lagoas de lodo, leitos de secagem, leitos de drenagem e *bag* de geotêxtil (Silveira, 2012).

Em acordo com Silveira (2012, p. 20):

“O desaguamento de lodo de ETAs pode ser realizado a partir do uso de sistemas naturais e/ ou mecânicos de remoção de água. Os equipamentos utilizados no desaguamento mecânico são relativamente eficientes, não dependem de condições climáticas favoráveis, mas possuem custos elevados de aquisição, requerem a aplicação de produtos químicos e consomem energia elétrica para seu funcionamento. Dentro os mais utilizados podem-se citar as centrífugas e prensas desaguadoras. Os sistemas naturais como lagoas de lodo e leitos de drenagem/ secagem não utilizam produtos químicos e energia elétrica, porém necessitam de grandes áreas para instalação e dependem de condições climáticas.”

3.4.1 Sistemas Mecânicos

Os sistemas mecânicos são indicados especialmente para estações com menor disponibilidade de área. Na medida em que não demandam espaço físico, acarretam em uso de energia elétrica e produtos químicos. Há também os custos de aquisição envolvidos. Todavia, no caso dos sistemas naturais, há requerimento de grandes áreas, porém, sem custos significativos de operação e instalação (Libânio, 2005).

3.4.2 Lagoas de Lodo

Na ocorrência das lagoas, o lodo fica em repouso por períodos de tempo, ocasionando a sedimentação de partículas. O sobrenadante é retirado por tubulações. Os fatores que podem influenciar negativamente neste caso são as condições de clima e tempo, uma vez em que influenciam no processo de secagem do lodo (Barroso, 2007).

3.4.3 Bags de Geotecido

O tratamento em *bags* de geotecido se define no acondicionamento do lodo em abrigos fabricados de material geotêxtil. O tecido é poroso, permitindo assim a passagem da água e proporcionando a retenção dos sólidos presentes. Os *bags* podem ser verticais, sendo estes geralmente os menores; e também ocorrem na forma horizontal, em geral os de maior porte. São submetidos à lavagem e podem ser reutilizados de 20 a 30 vezes. Faz-se necessária a aplicação de polímeros na operação (Libânio, 2005).

3.4.4 Leitões de Drenagem

Os leitões de drenagem ou secagem consistem em método para remoção de rejeitos em águas residuárias e de abastecimento. Este método faz-se opção em locais com grande área livre disponível. Tem baixos custos (referentes ao retorno de drenado), e é eficaz especialmente quando os leitões são situados em cotas mais baixas que os decantadores, de forma a poupar o bombeamento do lodo bruto (Richter, 2001).

O processo assemelha-se à filtração, em que as partículas formam uma espécie de torta na superfície do meio filtrante e os sólidos retidos atuam por si próprio como um tipo de filtro. Os mecanismos de desaguamento consistem na decantação, drenagem e evaporação. Os fatores que tem influência na operação são a umidade do ar, viscosidade do lodo adensado e a ação de ventos (Richter, 2001).

A pesquisa de Fontana (2004) consiste na construção de leito de drenagem em escala real na ETA do município de Cardoso / SP. O leito é de 60 m² de área e altura de 0,5m, seguido de sedimentador. Há a utilização de manta geotêxtil e a altura de disposição de lodo foi de 50cm, sendo que a drenagem durou cerca de 36 horas. A experiência indicou eficiência de 98% na redução de volume, redução de mais de 99% de sólidos suspensos totais e diminuição de demanda bioquímica de oxigênio maior que 98%. A característica qualitativa do drenado permitiu seu retorno para a alimentação da ETA. Os resultados obtidos estão na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros de lodo bruto e drenado

Parâmetros	Amostra de lodo 1	Amostra de lodo 2
Turbidez (µT)	-	0,9
pH	7,0	6,8
Sólidos sedimentáveis (mg/L)	850	0,03
Sólidos totais (mg/L)	28263	285
Sólidos fixos (mg/L)	20032	107
Sólidos voláteis (mg/L)	8231	178
Sólidos suspensos totais (mg/L)	28400	14
Sólidos suspensos fixos (mg/L)	5350	4
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	23050	10

Fonte: Adaptado de Fontana, 2004

Mostrou-se boa eficiência do processo a partir dos resultados, porém se fez impossível a avaliação da influência dos componentes tempo e clima. As fases de drenagem e secagem também se mostraram impossibilitadas de análise a partir dos dados (Fontana, 2004).

3.5 USO DE COAGULANTES ORGÂNICOS NATURAIS

Os principais coagulantes que se fazem uso em estação de tratamento de água (ETA) usados são os sais de ferro e, principalmente, alumínio. O uso de sais de alumínio como sulfato de alumínio e policloreto de alumínio no processo de coagulação podem conferir ao líquido a presença do metal, com índices que tendem a ser crescentes devido ao uso e reuso do recurso (Teixeira *et al*, 2006).

O elemento pode ter uma característica acumulativa nos lençóis e águas de superfície, representando risco por si só. O metal pode apresentar toxicidade a depender da dosagem acumulada no organismo, e está relacionado em estudos a doenças neurológicas, além de acarretar constipações intestinais, perda de memória, hiperatividade infantil, osteoporose, raquitismo e convulsões. Portanto, há tendência para a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos que possam ser usados como coagulantes, sendo os taninos o produto mais representativo desta inclinação (Santos, 2003; Skoronski *et al*, 2014).

3.5.1 Taninos

O Brasil é o país com maior concentração de árvores tanantes a nível mundial. Os taninos possuem uma estrutura molecular fenólica biodegradável e complexa, com capacidade de formar complexos com proteínas, macromoléculas e minerais. Têm o poder de formar sais com todos os metais, tendo propriedades de polímero e coagulante. A extração se dá pela casca de vegetais, em especial da *Acacia mearnsi* (acácia negra), muito comum no Brasil (Silva, 1999; Skoronski *et al*, 2014).

A formação de lodo a partir do uso de tanino é quantitativamente menor em relação ao tratamento com sais inorgânicos, fato que diminui custos com relação a transporte e disposição final do material. Enquanto a proporção em volume de lodo/água tratada com sais de ferro ou alumínio varia de 0,3 a 1,0%; no caso do tanino apresenta valores de 0,05 a 0,2% (Hoppen *et al*, 2005; Skoronski *et al*, 2014).

O lodo produzido no tratamento com tanino contém potencial para utilização como fertilizante pelo processo de compostagem e também para a produção de energia por biodigestão ou processos térmicos (Skoronski *et al*, 2014).

3.6 TRATAMENTO DO LODO DE ETA

Uma maneira bastante viável de se lidar com o lodo de ETA é transportá-lo até a ETE local. Algumas cidades, a exemplo de Joinville/SC, criam estações próprias para o tratamento do lodo de ETA, a parte da ETE referente ao esgoto sanitário.

Nas estações próprias ao tratamento do lodo resultando do processo da ETA, ocorrem os processos de desaguamento, primeiramente, afim de adensar e recuperar quantidade de água contida no resíduo; com posterior processo de floculação/ coagulação, para que maior quantidade de água seja recuperada e o lodo obtido como efluente final do processo seja o menos úmido possível, de modo a facilitar e diminuir os custos de disposição final envolvidos (Engecorps, 2010).

3.7 VALORIZAÇÃO DO LODO DE ETA

Em relação aos resíduos de ETA, de acordo com Teixeira *et al* (2006), “o lodo desidratado pode ser destinado para adubação, incineração, aterro sanitários de lixos urbanos, compostagem com lixo urbano, etc”.

3.7.1 Indústria Cerâmica

Na pesquisa de Teixeira *et al* (2006), foi observado o uso de resíduo de ETA para a fabricação de telhas e tijolos cerâmicos, obtido a partir da ação de dois coagulantes, sal de ferro (Lodo – Fe) e sal de alumínio (Lodo – Al). Concentrações a respeito de amostras destes lodos e da argila estão contidas na Tabela 5.

Tabela 5 – Concentrações de areia, silte, argila e matéria orgânica das amostras

Amostra	Massa Orgânica (%)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
Argila	5,3	38,2	27,7	34,1
Lodo – Al	-	43,0	0,6	56,4
Lodo – Fe	3,2	29,9	58,6	11,4

Fonte: Adaptado de Teixeira *et al*, 2006.

Os resultados para as propriedades físicas no caso do resíduo proveniente de sal de alumínio (Lodo – Al) foram piores do que os de coagulante a base de ferro (Lodo – Fe). Tendo em conta os parâmetros Tensão de Ruptura à Flexão – TRF e Absorção da Água – AA, concluiu-se que pode-se adicionar até 10% do Lodo – Al na matriz de argila e até 20% do Lodo – Fe, para temperaturas de queima a partir de 950°C (Teixeira *et al*, 2006).

Em acordo com Teixeira *et al* (2006, p. 218-219):

“Os resultados dos ensaios de resistência mecânica (TRF) mostraram que esta diminuiu com a concentração de lodo adicionado à massa cerâmica. O valor da TRF aumentou com a temperatura, de 900 para 950 o C e para 1200 o C, com uma diminuição brusca entre 950 e 1000 o C. (...) Os resultados da análise da absorção de água (AA), após a queima, também foram obtidos em função da temperatura e da porcentagem de lodo misturado. Eles mostraram que a adição de lodo aumentou a absorção de água pelos corpos-de-prova e, as curvas de AA em função da temperatura, acompanham o comportamento da argila sem lodo..”

Como conclusão do trabalho, tem-se que o lodo de ETA pode ser incorporado com sucesso à massa cerâmica para a produção de tijolos e telhas, tendo-se em conta que há declínio qualitativo quanto às propriedades físicas do material.

Ainda segundo Teixeira *et al* (2006), “as propriedades físicas e cerâmicas do lodo e da argila irão definir a possibilidade ou não de incorporação e a concentração, para cada temperatura de queima”.

3.7.2 Indústria Cimenteira

O estudo de Hoppen *et al* (2006) foi feito com uso de lodo de ETA centrifugado em matriz de concreto de cimento Portland, retirado da Estação Passaúna, na região de Curitiba / PR. A Tabela 6 mostra propriedades do concreto fresco com 4 e 8% de lodo (p/p em relação à areia) comparados à referência – 0% .

Como resultado, é possível afirmar que a mistura se torna mais exotérmica a medida que o teor de lodo aumenta, todavia, o aumento resultante da temperatura não se mostrou suficiente para causar danos superficiais. A diminuição da massa unitária a medida do aumento do teor de lodo é justificada pela menor densidade do lodo em relação à areia. Os valores de ar incorporado mostraram redução com o aumento de porcentagem de lodo, e não resultam em interferência nas propriedades finais do concreto, com exceção em regiões onde gelo e degelo exercem influência na estrutura (Hoppen *et al*, 2006).

De maneira conclusiva, Hoppen *et al* (2006) finaliza afirmando que a porcentagem de 10% (p lodo/ p areia) é o teor limitante para aplicações na construção civil. A prática com a inclusão do lodo reduz o consumo de matéria-prima natural como areia e brita, apresentando ganhos econômicos e ambientais.

Tabela 6 – Propriedades do concreto fresco contendo lodo de ETA

Teor de lodo (p/p em relação à areia)	0%	4%	8%
Temperatura do concreto (°C)	18,3	25	25,5
Traço			
Cimento	1,00	1,00	1,00
Areia	2,02	1,94	1,86
Brita	2,98	2,98	2,98
Lodo de ETA	-	0,98	0,16
Consumo (kg.m ⁻³)			
Cimento	364	348	344
Areia	736	676	640
Brita	1085	1038	1026
Água	183	176	176
Lodo de ETA	-	28	56
Massa Unitária (kg.m ⁻³)			
Teórica	2373	2331	2291
Real	2366	2263	2247
Ar Incorporado (%)			
Teórico	0,3	2,9	1,9
Real	-	3,5	3,5

Fonte: Hoppen *et al*, 2006.

3.7.3 Aplicação Agrícola

O alumínio é um elemento tóxico em termos de agricultura, limita a produtividade em solos ácidos e diminui os efeitos de absorção de fósforo, de modo que quando presente, necessita ser de alguma forma neutralizado ou ter seu fator fitotóxico reduzido (Bonato, 2000).

A pesquisa de Padilha (2007) relatou a reutilização agrícola de lodo de ETA em solos para cultivo de milho e soja. Segundo o autor, houve viabilidade de uso do resíduo proveniente de tratamento com sal de alumínio juntamente com biossólido com estabilização alcalina, com este último reduzindo o caráter tóxico do metal.

O estudo de Machado *et al* (2004) compara parâmetros analíticos de resíduos de ETA, solos oriundos de compostagem de lixo urbano e esterco bovino, como descrito na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros de resíduos de ETA, compostagem e esterco bovino

Parâmetros	Resíduos de ETA	Compostagem de lixo urbano	Esterco bovino
N (%)	0,7	3,03	2,01
P ₂ O ₅ (%)	0,6	2,59	0,67
K ₂ O (%)	0,7	3,06	1,52
Ca ⁺² (%)	0,2	7,08	0,74
Mg ⁺² (%)	0,2	1,29	0,56
S (%)	1,5	0,37	0,34
Teor de umidade (%)	78,3	12,6	13,61
Matéria orgânica (%)	6,3	39,84	42,26
Relação C/N	5,1	6,87	14,97
pH	5,4	6,62	6,47
B (mg/kg)	298,6	694,3	726
Cu ⁺² (mg/kg)	12,3	98	30,50
Fe ⁺² (mg/kg)	21522,5	6918	5486
Mn ⁺² (mg/kg)	245,3	251,50	316,25
Zn ⁺² (mg/kg)	72,8	200,50	99,53

Fonte: Machado *et al*, 2004.

Quando comparado ao esterco bovino, o resíduo de ETA citado possui baixos valores tanto de macronutrientes (N, P, K, S, Mg, Ca) quanto de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn). O teor de matéria orgânica também se mostra baixo, e segundo Machado *et al* (2004), o resíduo de ETA pode ser usado em diversos tipos de cultura devido ao fato de possui teores de vários nutrientes essenciais, mesmo que em baixos valores.

3.7.4 Recuperação de Áreas Degradadas

Bittencourt *et al* (2012) realizou um estudo em área localizada na ETE Padilha Sul em Curitiba / PR, degradada pelo uso de materiais oriundos de construção, em 2002. O local é de topografia plana, não suscetível a erosão, com vegetação escassa de baixa regeneração natural e não recebeu nenhum plano de recuperação desde sua degradação. A Tabela 8 indica pH e parâmetros de nutrientes presentes no solo depois da aplicação do lodo de ETA – LETA, isoladamente e combinado com lodo de ETE – LETE.

Tabela 8 – Nutrientes e pH em área degradada com aplicação de lodo

LETA (mg.ha ⁻¹)	LETE (mg.ha ⁻¹)	pH	K (cmol.dm ⁻³)	Ca (cmol.dm ⁻³)	Mg (cmol.dm ⁻³)	Al (cmol.dm ⁻³)
0	0	4,28	0,15	5,24	2,28	3,08
24	0	4,33	0,15	4,56	2,20	4,05
37	0	4,42	0,11	4,31	1,82	2,66
61	0	4,28	0,13	3,65	1,82	3,30
24	77	6,55	0,18	15,97	4,17	0,00
37	77	6,49	0,19	14,12	4,24	0,00
61	77	5,74	0,15	12,15	3,57	0,12

Fonte: Adaptado de Bittencourt *et al*, 2012.

Visto as condições após a aplicação, é visto que a aplicação isolada do lodo de ETA causa ação nociva ao solo em termos de nutrientes e cria condição tóxica com a adição de alumínio. Já quando combinados ambos os lodos na proporção LETA/ LETE de 37 mg.ha⁻¹/ 77 mg.ha⁻¹, é visto incremento de todos os nutrientes apresentados na tabela, além da total neutralização do alumínio. Os aumentos nas taxas de cálcio de magnésio foram significativos, com discreto acréscimo do macronutriente potássio (Bittencourt, 2012).

3.7.5 Recuperação de Coagulante

De acordo com Guimarães (2005, p. 25-26):

“Os hidróxidos de alumínio e ferro têm boa solubilidade em meios ácidos e alcalinos, possibilitando, com o simples ajuste de pH a recuperação de coagulantes. O método permite uma drástica redução do volume e massa de lodo e possibilita a reutilização dos coagulantes recuperados. É importante lembrar que quanto maior o volume de coagulante recuperado menor é o volume de lodo residual. Os coagulantes podem ser recuperados por via ácida, alcalina e troca iônica utilizando-se resinas ou membranas. O método mais utilizado para recuperação de coagulante é o método por via ácida, mas são muito poucas as unidades que praticam a recuperação de coagulante.”

Por meio de via ácida, a recuperação de coagulantes é feita com a adição de ácido (sulfúrico ou clorídrico) em lodos contendo alumínio ou ferro. As reações para o caso estão indicadas na Tabela 9.

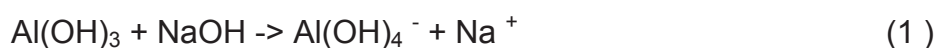
Tabela 9 – Recuperação de coagulante por via ácida

Tipo de resíduo	Ácido	Reação
Alumínio	Sulfúrico	$2 \text{Al(OH)}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$
Ferro	Sulfúrico	$2 \text{Fe(OH)}_3 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$
Ferro	Clorídrico	$\text{Fe(OH)}_3 + 3 \text{HCl} + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

Fonte: Guimarães, 2005.

Para a reação, é recomendada a desidratação do lodo, em seguida este é acidificado até pH 2 ou próximo para melhor sedimentação do resíduo. Após esta etapa, há a separação da solução do sulfato de alumínio em relação ao material suspenso por sedimentação, seguida por filtração (Fulton, 1974).

Segundo Guimarães (2005), “o processo de recuperação por via alcalina realiza a solubilização de hidróxidos de Fe e Al em pH maior que 11”, de acordo com a reação indicada.



Em ambos os processos citados, tanto nas regenerações por via ácida e básica, o processo não é seletivo e há a solubilização de outros compostos presentes no lodo (Guimarães, 2005).

A tecnologia mais recente de recuperação de coagulante se dá pela troca iônica. Também segundo Guimarães (2005, p. 25-26):

“A grande vantagem desse processo é que permite a recuperação de coagulantes de forma seletiva, aumentando a qualidade do coagulante recuperado, podendo ser realizado utilizando-se resinas especiais ou membranas de troca iônica. Estes processos são relativamente novos, tendo sido realizados somente em laboratório e em escala piloto.”

A recuperação dos coagulantes nem sempre é justificada pela questão econômica, uma vez em que nos processos convencionais de menor custo, além do uso de reagentes e equipamentos, há a obtenção de material com compostos indesejados, tornando o produto com menor eficiência em relação a um não recuperado para os fins do processo de tratamento da água. Porém, há ganhos no âmbito ambiental, considerando que até cerca de 40% do lodo corresponde ao coagulante, no caso do sulfato de alumínio (Richter, 2001).

3.8 ASPECTOS LEGAIS

A prática do lançamento do lodo de ETA em corpo d'água foi durante décadas passadas, e ainda é, muito comum. A Lei 9433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, define:

“O lançamento de resíduos líquidos, sólidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final em corpos d'água, além de outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água, está sujeita à outorga do Poder Público.”

Já a Lei 9605/1998, no artigo 54, classifica como crime ambiental causar poluição que acarrete em danos à saúde humana, ou que provoque mortandade de animais ou destruição significativa da flora (Brasil, 1998).

No âmbito das normas técnicas, a NBR 10004 de 2004 classifica o lodo de ETA dentro da classe IIA (resíduo não perigoso e não inerte) e indica a sua destinação em aterro apropriado (ABNT, 2004). A *International Organization for Standardization* (ISO) publicou em 2007 uma série de normalizações, de natureza não certificável e aplicação optativa, a respeito de serviços de água e esgoto. São relativas ao serviço de água as normas ISO 24510 – Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto — Diretrizes para a avaliação e para a melhoria dos serviços prestados aos usuários, e ISO 24512 – Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto — Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável, todas datadas de 2012. Alguns indicadores de gestão de resíduos fazem parte do texto destas publicações, como a porcentagem de lodo reutilizado ou reciclado após o tratamento e a porcentagem de água de lavagem de filtros reutilizada ou reciclada após o tratamento (ABNT, 2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados colhidos e indicados na Tabela 10 se referem a ETA Cubatão, responsável por cerca de 70% do abastecimento do município de Joinville / SC, e foram retirados de relatório de auditoria externa produzido como diagnóstico setorial para a prefeitura municipal no ano de 2010.

Tabela 10 – Resíduos gerados na ETA Cubatão / Joinville – SC

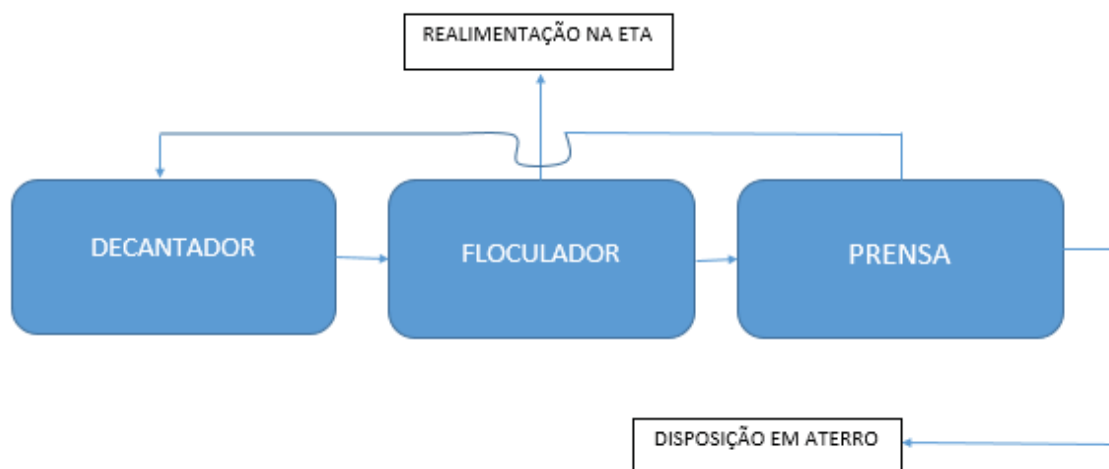
Unidade geradora de resíduo	Frequência de geração	Volume gerado
Floculador	Trimestral	1800 m ³ /trimestre
Decantador	Mensal	2200 m ³ /mês
Filtros (lavagem)	Diária	9500 m ³ /dia

Fonte: ENGECORPS, 2010.

Segundo Engecorps (2010, p. 19), para produção média de 1850L/s, o volume diário de retrolavagem de filtros representa 5,94% do total (9500 m³ de um total de 159840m³). Há estimativa de massa total de sólidos em forma de resíduo no valor de 8390kg/dia.

Os resíduos da ETA (lodo de tanques de coagulação, floculação, decantação e água residual de lavagem de filtros) seguem para a estação de tratamento de lodo – ETL, onde são recebidos em um tanque de equalização para homogeneização do efluente. Há primeiramente os processos de coagulação e floculação. O sobrenadante é realimentado na ETA, e o fundo segue para uma prensa do tipo parafuso, onde a fase líquida é realimentada no tanque de equalização, e a fase sólida é encaminhada para disposição final em aterro (Engecorps, 2010).

Tabela 10 – Resíduos gerados na ETA Cubatão / Joinville – SC



Fonte: O Autor, 2018.

O processo de tratamento de lodo apresentado é ambientalmente correto, com grande recuperação de água.

O lodo de ETA tem o elemento alumínio como fator limitante, sendo contaminante e nocivo na utilização em solos, como citado nos trabalhos de Padilha (2007) e Machado (2004). Em contrapartida, pode ser aplicado juntamente com lodo de ETE com fins de incremento de nutrientes e neutralização do alumínio (Andreoli, 2006).

Áreas de extração de xisto, pedreiras e mineração em geral podem ser utilizadas do lodo de maneira positiva, dando início a uma melhor condição no solo e sua fertilidade,

A aplicação nas indústrias cerâmica e cimenteira é possível e aplicável, de modo que o material possa ser tratado de forma ambientalmente correta.

5 CONCLUSÃO

A água é um recurso natural essencial tanto para os organismos vivos tanto para todo o desenvolvimento da sociedade de maneira geral. Devido a uma demanda constante e crescente do líquido, a geração de resíduos provindos do tratamento de água é diária e de grande escala.

Um recurso viável na maioria das situações se dá por operações como a desidratação do lodo, de fácil aplicação. A criação de estações de tratamento de lodo em grandes centros urbanos ajudarim a diminuir o volume de resíduo, além de reaproveitar quantidade significativa de água que seria desperdiçada.

Além dos métodos de desaguamento, há tecnologias que vem sendo estudadas há mais de década para a valorização do lodo de ETA, de modo que as indústrias cerâmica e de construção civil têm condições de aproveitar os rejeitos do tratamento. O uso agrícola e para fertilização de solos é indicado para o caso também, combinando o lodo de ETA com material adequado. Quando acrescido ao lodo de ETE, há uma condição de uso na recuperação de áreas degradadas, sobretudo em áreas de mineração, pedreiras e extração de xisto.

A união da iniciativa privada com as políticas públicas são essenciais neste sentido para que as práticas ambientalmente responsáveis sejam aderidas em relação aos resíduos da área de saneamento básico. A perspectiva de mudança é possível com a união destes dois setores, de modo que as políticas e o setor público impulsionem a transformação de práticas ambientalmente incorretas.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI C. V.; **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Classificação de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 24510**: Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto — Diretrizes para a avaliação e para a melhoria dos serviços prestados aos usuários. Rio de Janeiro. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 24512**: Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto — Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável. Rio de Janeiro. 2012.

American Water Works Association. **An Assessment of Cropland Application of Water Treatment Residuals**. USA: AWWARF, 1995.

BARRADAS, J. L. D. **Tanino - Uma solução ecologicamente correta**: agente floculante biodegradável de origem vegetal no tratamento de água. Novo Hamburgo: Publicação Técnica, 2004.

BARROSO, M. M. **Influência das micro e macropropriedades dos lodos de estações de tratamento de águas no desaguamento por leito de drenagem**. Tese de doutorado. USP, São Paulo, 2007.

BITTENCOURT, S; SERRAT, B. M.; AISSE, M. M.; MARIN, L. M. K. S.; SIMÃO, S. S.; **Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental; v.17; n.3; jul/set 2012.

BONATO, C. M.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANNA, R.; VENEGAS, V. H. A. **Efeito do alumínio sobre a absorção, a partição e a utilização de enxofre em sorgo**. R. Bras. Fisiol., 2000.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4. Ed. Brasília, 2016.

_____. Lei Nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. 1997

_____. Lei Nº 9605, de 12 de fevereiro 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. 1998

_____. Lei Nº 12305, de 2 de agosto 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. 2010.

_____. Portaria Nº 2914. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. 2011

ENGECORPS. **Diagnóstico Setorial**: abastecimento de água. Relatório técnico apresentado a Secretaria Administrativa da Prefeitura Municipal de Joinville. 2010.

FONTANA, A. O. **Sistema de leito de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de decantadores e reúso de água de lavagem de filtros** – Estudo de caso em ETA Cardoso. Dissertação de mestrado. UFSCar, São Carlos, 2004.

FULTON, G.P. **Recover alum to reduce waste-disposal costs**. In: Processing Water treatment Plant Sludge. Editora AWWA, 1974.

GRANDIN, S. R.; ALEM SOBRINHO, P.; GARCIA JR., A. D. **Desidratação de Lodos Produzidos em Estações de Tratamento de Água**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal: ABES, 1993.

GUIMARÃES, N. C.; **Recuperação de Coagulante a partir da Acidificação de Resíduos Gerados na Estação de Tratamento de Água do Rio Manso**. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. UFMG. Belo Horizonte, 2005.

HOPPEN C.; PORTELLA K. F.; JOUKOSKI A.; BARON O.; FRANCK R.; SALES A.; ANDREOLI C. V.; PAULON V. A. **Co-disposição de lodo centrifugado de Estação de Tratamento de Água (ETA) em matriz de concreto**: método alternativo de preservação ambiental. Cerâmica vol. 51 nº 318 São Paulo Abr./Jun. 2005.

HOPPEN C.; PORTELLA K. F.; JOUKOSKI A.; TRINDADE E. M.; ADREÓLI C. V.; **Uso de Lodo de Estação de Tratamento de Água Centrifugado em Matriz de Concreto de Cimento Portland para Reduzir o Impacto Ambiental**; Química Nova, Vol. 29, No. 1, 79-84, 2006.

LIBÂNIO.M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3.ed. rev. e ampl. Campinas: Átomo, 2010.

MACHADO, L. C. T.; PEREIRA, J. A. R.; PONTE, M. N.; LOPES, L. N. A.; **avaliação do aproveitamento agrícola do lodo produzido na eta bolonha – Região metropolitana de Belém**. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. Florianópolis. 2004.

PADILHA, J. C. **Aplicação de lodos de tratamentos de água e esgoto em latossolos cultivados com milho e soja**. Dissertação. Pós graduação em ciência e solo. UFPR. Curitiba, Brasil. 2007.

PORTELLA, K.F.; ANDREOLI, C.V.; HOPPEN, C.; SALES, A. BARON, O. **Caraterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna – Curitiba – Pr. 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL**. Joinvile, 2003.

REALI, M.A.P. **Principais características quantitativas e qualitativas do lodo de ETAs**. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, Rio de Janeiro: ABES, 1999.

RICHTER, C.A. **Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água**. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2001.

SANTOS, A. D. **Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos das estações de tratamento de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo**. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

SILVA, A. P.; ISAAC, R. de L. **Adensamento por Gravidade de Lodo de ETA Gerado em Decantador Convencional e Decantador Laminar**. Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, XXVIII, Cancún – México. AIDIS, 2002.

SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em águas de abastecimento e esgoto**. Dissertação de mestrado. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 1999.

SILVEIRA, C. **Desaguamento de lodo de estações de tratamento de águas por leito de drenagem / secagem com mante geotêxtil**. Dissertação. UEL; Londrina, 2012.

SKORONSKI, E. NIERO B.; FERNANDES, M.; ALVES M. V.; TREVISAN V. **Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC**. Artigo. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. 2014.

SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. Ed.; UFMG; Belo Horizonte; 2014.

TEIXEIRA, S. R.; SOUZA S. A.; SOUZA N. R.; Aléssio P.; SANTOS G. T. A. **Efeito da adição de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades de material cerâmico estrutural**. Artigo. Cerâmica vol. 52 nº 321 São Paulo Jan./Mar. 2006.