



**MATHEUS CAPISTRANO FAJARDO**

**CARACTERIZAÇÃO DO LODO GERADO EM JARTEST UTILIZANDO  
A SEMENTE DE MORINGA OLEIFERA COMO COAGULANTE**

**LAVRAS-MG  
2019**

**MATHEUS CAPISTRANO FAJARDO**

**CARACTERIZAÇÃO DO LODO GERADO EM JARTEST UTILIZANDO A SEMENTE  
DE MORINGA OLEIFERA COMO COAGULANTE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

**Prof. Dra. Camila Silva Franco**  
**Orientadora**

**Lavras – MG**  
**2019**

## **AGRADECIMENTOS**

Á minha família por ter me dado apoio e condições durante todos esses anos de graduação.

Aos amigos que fiz em Lavras que levarei comigo para o resto da minha vida, em especial ao Kauê, Thaysa, Guilherme, Rafael e Iane.

Á minha orientadora, por ter me ajudado na realização desse trabalho com toda paciência, disposição e auxílio proporcionados os quais tornaram esse trabalho possível.

Á Universidade Federal de Lavras por me proporcionar um ambiente de aprendizado tão bem estruturado e com tantas oportunidades de crescimento profissional e pessoal.

Á todos os professores os quais me lecionaram durante a minha graduação, em especial os professores da Engenharia Ambiental.

Á todas as pessoas que me ajudaram na realização dos experimentos, em especial a Ana Letícia, a Juliana e a Ana Flávia.

Á todos os membros da banca pela disposição em avaliar o meu trabalho.

## RESUMO

No tratamento de água, durante a etapa de clarificação, ocorre a geração do lodo como subproduto, o qual possui características dependentes da água bruta a ser tratada, do coagulante utilizado e da forma de tratamento empregada. Sendo esse subproduto um resíduo, ele deve ser tratado e destinado de forma ambientalmente adequada de acordo com suas características.

No presente estudo, objetivou-se determinar as características físicas e químicas do lodo gerado ao se utilizar a semente da *Moringa oleifera* como coagulante, a fim de se observar seu potencial de uso em aplicação de solo, para isso foram feitas análises das variáveis: pH, DQO, Nitrogênio, Fósforo Total e Ferro Total, comparando com os valores obtidos por estudos que utilizaram outros tipos de coagulantes.

Para isso, realizou-se a geração do lodo de moringa por meio de experimentos de Jarreste, utilizando parâmetros encontrados na literatura. A concentração ótima de coagulante utilizada foi de  $498,2 \text{ mg.L}^{-1}$ , o qual obteve uma redução média de turbidez de  $72,2 \pm 2,5 \%$ .

Por meio das análises de DQO, Nitrogênio e Fósforo, foi possível concluir que o lodo de moringa apresenta bom potencial para destinações com aplicação no solo, quando comparado com diversos outros tipos de lodo, por apresentar maiores concentrações de nutrientes e de matéria orgânica em relação a estes. Pelas análises de pH e Ferro Total, o lodo orgânico se não se diferenciou dos outros tipos de lodo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Caracterização física e química; Coagulantes orgânicos e naturais; Resíduos de tratamento de água.

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	6
2. Metodologia .....	8
2.1. Geração e Desaguamento de Lodo .....	8
2.2. Análises Químicas do Lodo.....	10
3. Resultados e Discussão .....	10
4. Conclusão.....	13
5. Sugestões para Trabalhos Futuros .....	13
6. Referências Bibliográficas .....	15

## 1. INTRODUÇÃO

O tratamento de água bruta é uma das esferas do saneamento básico cuja importância reside na função de promover saúde pública pelo controle de doenças de veiculação hídrica e garantia das diversas atividades desenvolvidas no meio urbano e rural. Para produção de água potável, a tecnologia empregada para realizar esse tratamento na maioria dos casos (75% segundo o IBGE, 2000), é o chamado ciclo completo ou tratamento convencional, que segundo Botero (2009) consiste em: Coagulação, Floculação, Decantação e Filtração para clarificação da água, seguida de correção de pH, Desinfecção e Fluoretação.

Essa etapa do tratamento busca adequar a água bruta aos padrões de potabilidade vigentes estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 e consiste basicamente na remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, micro-organismos e outras substâncias possivelmente deletérias à saúde humana presentes nas águas (BOTERO, 2009).

Para que ocorram as etapas de coagulação, floculação e decantação, o coagulante adicionado à água, segundo Francisco (2011), reage com a alcalinidade do meio, formando polímeros com valor de carga superficial positiva (hidróxidos), os quais atraem as cargas negativas dos colóides em suspensão, formando os flocos, os quais possuem velocidade de sedimentação superior. Dessa forma, na fase de clarificação, ocorre a remoção dos colóides e sólidos suspensos na água bruta, que sedimentam no fundo do decantador e são retidos pelo filtro na etapa seguinte do tratamento (MACEDO 2007 *Apud* FRANCISCO, 2011), neste processo a água tratada é distribuída e os sólidos retidos compõem o lodo de Estações de Tratamento de Água (ETA).

Os coagulantes comumente empregados no Brasil para o tratamento de água de abastecimento público, segundo Lima Júnior (2018) são sais inorgânicos: Sulfato de Alumínio, Cloreto Férrico, Sulfato Ferroso e policloretos de alumínio, sendo que o sulfato de alumínio se destaca como o coagulante químico mais utilizado (LO MONACO et al., 2010). No entanto, coagulantes naturais vêm sendo pesquisados e utilizados para a substituição dos coagulantes citados em escala descentralizada, dentre eles a semente de *Moringa oleifera*, a qual tem como vantagens: não toxicidade da semente, capacidade de remoção de micro-organismos, não consumo da alcalinidade da água, inalteração da condutividade elétrica da água e geração de lodo de 4 a 5 vezes menor quando comparado com os coagulantes de sais inorgânicos. (LIMA JÚNIOR e ABREU, 2018).

Com a deposição do material floculado no fundo do decantador e na entrada do(s) filtro(s), ocorre a formação do lodo, o qual tem composição dependente da qualidade da água bruta tratada, dos produtos químicos utilizados em seu tratamento, além do tempo de permanência nos decantadores (TSUTIYA, 2001). Segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004) o lodo da estação de tratamento de água é classificado como resíduo sólido não inerte e não perigoso, de classe II A (WAGNER, 2014), de forma que deve se realizar o tratamento desse material para realizar uma destinação final ambientalmente adequada.

Para remover o lodo gerado no decantador e filtro, utiliza-se a própria água que está sendo tratada, ocorrendo perdas de água além de diluir e aumentar o volume de subproduto gerado. Dessa forma, torna-se necessária a adoção de métodos de tratamento desse lodo, a fim de recuperar parte da fração líquida e conseqüentemente diminuir seu volume, tornando seu transporte mais fácil e possibilitando destinações em que ocorram reaproveitamento do material.

O tratamento do lodo em uma ETA se dá em duas etapas: Adensamento do Lodo, e posteriormente o Desaguamento/Desidratação, visando principalmente o aumento da concentração de sólidos no lodo, buscando formas de remover a fração líquida da sólida. Entre as alternativas de destinação final para o lodo gerado em ETAs podem ser citadas: a disposição em aterros sanitários, a aplicação controlada no solo para produção agrícola e em recuperação de áreas degradadas, utilização na produção de materiais de cerâmica e materiais de construção, e utilização em estações de tratamento de resíduos.

O lodo de ETA gerado a partir de processos de clarificação com coagulantes inorgânicos apresenta altas concentrações de alumínio ou ferro (proveniente do coagulante utilizado) e sódio (proveniente do alcalinizante mais utilizado, o bicarbonato de sódio), o que prejudica seu uso no solo podendo gerar malefícios à planta. O uso de coagulantes naturais, como a semente de *Moringa oleifera* dispensa o uso de alcalinizante e pode promover geração de lodo livre dos metais supracitados, ou seja, lodo de baixa toxicidade e com maior potencial de uso no solo. No entanto, não se encontra na literatura dados sobre a qualidade do lodo de clarificação produzido pela adição de semente de *Moringa oleifera* na água.

Neste contexto, o objetivo foi analisar as características físico-químicas do lodo gerado utilizando a semente da *Moringa oleifera* como coagulante em Jarrest, com vistas ao seu potencial uso no solo, em comparação ao lodo de ETA produzido com coagulantes químicos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do experimento, foi utilizada água bruta coletada na lagoa de captação da Estação de Tratamento de Água (ETA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no campus da universidade, nas coordenadas 21°13'59.9"S 44°58'39.9"W. A água presente na lagoa possui uma turbidez média de  $8.03 \pm 3.31$  UNT e pH de  $7.5 \pm 0.4$ .

Os experimentos em Jarrest foram realizados no Laboratório de Saneamento Ambiental e as análises químicas foram realizadas nos Laboratórios de Qualidade de Água e Qualidade de Efluentes do Departamento de Engenharia da própria universidade.

Em um primeiro momento, o lodo da clarificação de água bruta com semente de *Moringa oleifera* foi gerado em equipamento Jarrest para simular as etapas constituintes desse processo, posteriormente, realizou-se a centrifugação desse lodo a fim de aumentar a concentração de sólidos para as análises químicas.

Durante os ensaios, foram realizadas medições de pH, a fim de observar o efeito da adição de coagulante na água, e Turbidez da água antes e depois do processo de clarificação para se verificar a eficiência de remoção que foi promovida pelo coagulante de Moringa.

### 2.1 Geração e desaguamento do lodo

Para cada amostra de lodo foram coletados 30 Litros de água bruta em 2 recipientes plásticos de 15 Litros cada, A fim de se elevar a turbidez da água bruta para cerca de 100 UNT, foi adicionado 50 g de solo argiloso seco em estufa a 50-70 °C por 24hs e peneirado em 0.250 mm de abertura. Após sedimentação prévia por 1 hora. 12 L do sobrenadante contendo os colóides foram transferidos aos seis jarros do equipamento Jarrest

Como coagulante utilizou-se soluções de semente de *Moringa Oleifera*, cuja extração se iniciou pela remoção da casca das sementes, posterior trituração em um gral de pistilo de porcelana e peneiramento em uma abertura de 0.175 mm de diâmetro. A fração peneirada foi pesada e diluída em 1 L de água destilada gerando um coagulante de concentração 498.2 mg/L, que foi calculado por Franco et al (2017) como a concentração ótima para utilização da *Moringa Oleifera* como coagulante para água bruta com turbidez próxima de 100 UNT, utilizando uma metodologia similar para a preparação do coagulante.

Para se verificar a remoção de turbidez da água bruta, mediu-se a turbidez (método de medição: SMWW 2130 B) (APHA; AWWA; WEF. 1999) da água bruta (anteriormente ao processo de clarificação) e da água clarificada (posteriormente a clarificação) utilizando um turbidímetro de bancada com precisão de  $\pm 0,5$  UNT e realizando medições em triplicata.

Durante a etapa de coagulação ajustou-se a rotação do Jarrest a 280 rpm durante 2 minutos, adicionando simultaneamente 100 mL do coagulante em cada um dos jarros. Para a etapa de floculação, utilizou-se uma rotação de 40 rpm durante 30 minutos e após esse intervalo as hélices foram desligadas e os jarros eram deixados em repouso por 2 horas para ocorrer a etapa de sedimentação.

Após as etapas do processo de clarificação, a água clarificada foi removida dos jarros, deixando apenas o volume ocupado pelo lodo gerado no Jarrest (em torno de 50 mL presente no fundo de cada Jarro) utilizando uma pipeta volumétrica com o cuidado de evitar suspensão do material depositado no fundo.

O lodo coletado foi homogeneizado e distribuído em 10 tubos de ensaio de 15 mL, dispostos simetricamente na centrífuga para desaguamento a uma rotação de 2000 rpm durante 5 minutos (Figura 1). O sobrenadante foi descartado com o cuidado para não promover a ressuspensão do lodo adensado.

Figura 1: Tubos utilizados no processo de centrifugação do lodo gerado pelos ensaios de Jarreste.



Fonte: do autor.

Esses processos foram realizados em quadruplicata e para acondicionar as amostras, estas tiveram seu pH reduzido para  $< 2,0$  utilizando Ácido Sulfúrico (para as análises de DQO, Nitrogênio e Fósforo) e Ácido Nítrico (para a análise de Ferro Total). Esta prática visa preservar

as características do lodo, pois não era possível gerar o lodo, desaguar e fazer a caracterização no mesmo dia. Após a acidificação, o lodo foi armazenado em refrigeração por até 72hs.

## 2.2 Análises Químicas do Lodo

Devido ao baixo volume de lodo adensado gerado, foi realizada diluição de 10 x para a realização das análises de Fósforo Total, Nitrogênio (NTK) e Ferro Total, e 40x para a análise de DQO.

Foram realizadas análises de pH (método SMEWW 4500 H+B), Ferro Total (método da Fenantrolina - SMEWW 3500 B), Fósforo Total (método ácido ascórbico modificado – SMEWW 4500-P adaptado da metodologia fósforo Matos, 2012) Nitrogênio Total (método Micro-Kjeldahl, adaptado de Kjeldahl, 1883) e DQO (método refluxo fechado titulométrico - SMWEE 5220 C) (APHA;AWWA;WEF, 1999) no lodo adensado em triplicata para cada amostra e para o branco.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A clarificação da água bruta com solução de semente de *Moringa oleifera* na concentração 498.2 mg/L promoveu remoção de média de turbidez com  $72.2 \pm 2.5\%$  de eficiência, produzindo água clarificada com turbidez média de  $27.6 \pm 3.0$  UNT. Sendo essa turbidez ainda muito alta para os padrões de potabilidade, o que evidencia a necessidade da etapa de filtração após o processo de clarificação da água. A eficiência na remoção da turbidez mostrou-se menor do que em outros estudos que utilizaram semente de *Moringa oleifera*: 97.5% LO MONACO et al., 2012; 99% SANTOS; VIEIRA; BERGAMASCO, 2013; 90.5% FRANCO et al., 2017.

A Tabela 3 apresenta os valores médios encontrados nas análises de caracterização química do lodo gerado, assim como valores médios encontrados para os mesmos parâmetros em trabalhos nos quais foram utilizados diferentes coagulantes no tratamento de água.

Tabela 3: Valores médios dos parâmetros de caracterização química de lodos (pH, DQO, Fósforo Total, Ferro Total e Nitrogênio Total) determinados no presente estudo e em trabalhos realizados por outros autores utilizando diferentes coagulantes para a clarificação da água.

Cogulante Utilizado	Tratamento do Lodo	Parâmetros					Autor
		pH	DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	Fósforo	Ferro Total (mg.L <sup>-1</sup> )	Nitrogênio Total (mg.L <sup>-1</sup> )	
Semente de <i>Moringa Oleifera</i>	Centrifugação (2000 rpm - 5min)	7,80 ± 0,20	5.544,55 ± 886,75	11,02 ± 3,28 mg.L <sup>-1</sup>	486,28 ± 96,30	17,35 ± 5,38	Este Estudo
Sulfato de Alumínio Ferroso	Leito de Secagem (30 dias)	7,40	-	201,30 mg.kg <sup>-1</sup>	40.258,68	2.866,89	AMÂNCIO et al. (2017)
Sulfato de Alumínio	Adensamento com utilização de Polímeros	8,40	150,00	0,05 mg.L <sup>-1</sup>	341,00	7,56	SCALIZE (1997)
Cloreto Férrico	Leito de drenagem (7 dias)	-	1587,90	0,66 mg.L <sup>-1</sup>	545,60	-	SILVEIRA (2012)
Hidróxi-cloreto de Polialumínio	Leito de drenagem (7 dias)	-	2781,60	8,69 mg.L <sup>-1</sup>	324,30	-	
Sulfato de Alumínio	-	6,00 - 8,00	30 - 50.000	-	-	-	RICHTER (2001)
ND*	-	7,20-8,93	140-5.450	-	214,00 - 5.000,00	-	CORDEIRO (2001)
ND*	-	8,70 - 8,85	83-206	-	90,60 - 282,00	-	LOMBARDI (2009)
ND*	-	5,40 - 7,00	2.483,00-15.985,00	-	652,00 - 195.631,00	-	SENA (2011)

ND\*: não determinado

É possível observar que o valor de pH se situou próximo ou dentro das faixas determinadas por outros autores ao utilizarem coagulantes inorgânicos, e sendo um valor próximo da neutralidade, o lodo proveniente do tratamento com a semente de moringa, não necessita da correção de pH.

A concentração média encontrada para a DQO se mostrou mais elevado quando utilizada a semente de moringa, quando comparado com os valores encontrados pelos outros autores. Sendo o coagulante utilizado por este estudo um produto orgânico, uma vez que a adição do coagulante orgânico na água bruta, aumenta a matéria orgânica presente no lodo, composto por semente de *Moringa oleifera*, aumentando, conseqüentemente a DQO.

Vale ressaltar, que o método de desaguamento utilizado neste estudo foi realizado logo após a geração de lodo, enquanto em outros trabalhos, o lodo permanecia por mais tempo em processo de desaguamento ( 30 dias em Leito de Secagem no trabalho de Amâncio et al. (2017) e

7 dias em leito de drenagem no trabalho de Silveira (2012)). Nesse tempo é provável que a matéria orgânica presente no lodo tenha sido estabilizada ou volatilizada, o que acarreta redução da DQO. Dessa forma o método de desaguamento de lodo acaba alterando os valores encontrados nas análises de caracterização deste.

Os valores encontrados para a análise de Fósforo obtiveram valores maiores que os encontrados por Silveira (2012) e Scalize (1997), sendo esse um nutriente importante quando se objetiva a destinação do lodo para uso agrícola.

Algo semelhante acontece com o Nitrogênio Total, sendo que nesse trabalho, o valor encontrado para a concentração média desse elemento se mostrou muito menor quando comparada com o lodo de Sulfato Alumínio Ferroso analisado por Amâncio et al. (2017) e maior ao se comparar com os valores encontrados por Scalize (1997).

Durante as análises desses nutrientes, ocorre a digestão do lodo, de forma que os valores encontrados, apresentam a concentração média de suas formas digeridas. Sendo assim, é importante analisar a disponibilidade e absorção desses nutrientes ao se aplicar o lodo no solo, devido ao fato destes serem encontrados em formas diversas nos lodos por não passarem pelo processo de digestão.

Vale observar que foram encontrados poucos trabalhos em que foram analisadas as concentrações desses nutrientes, de forma que se torna limitada a comparação entre esses lodos pela falta de dados disponíveis em literatura.

Ao se analisar os valores encontrados para a concentração de Ferro Total, pode-se observar uma grande variação de valores encontrados para esse parâmetro em diversos trabalhos, podendo variar de 90,6 mg.L<sup>-1</sup> (LOMBARDI, 2009) até 195.631 mg.L<sup>-1</sup> (SENA, 2011), de forma que a concentração de Ferro ao se utilizar a *Moringa oleifera* não apresentou concentrações muito inferiores aos menores valores observados na literatura.. Os altos valores de ferro observados no lodo de *Moringa oleifera* estão relacionados à característica da água bruta produzida em laboratório pela adição de solo contendo Ferro em sua composição.

Ao se observar a NBR 10004, esta não apresenta padrões de concentração de Ferro Total para se classificar o resíduo como tóxico ou não tóxico. No entanto, o resíduo pode ser classificado como Resíduo II A (não perigoso e não inerte) por apresentar concentração de Ferro acima de 0,3 mg.L<sup>-1</sup>.

#### 4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que o lodo gerado com a utilização da semente de *Moringa Oleifera* apresenta características que não se diferem muito das de outros tipos de lodo (gerados com outros coagulantes), de forma que, no que diz respeito a esse subproduto e aos parâmetros analisados, o lodo de moringa não apresenta limitações para suas destinações que os outros não apresentem.

Com a análise de DQO, pode se concluir que o lodo de moringa apresenta elevada concentração de matéria orgânica, e nas análises de Fósforo e Nitrogênio, o lodo de moringa apresentou valores maiores desses nutrientes. Dessa forma, esse lodo apresenta como uma boa opção de destinação, a aplicação em áreas degradadas ou que o aporte de matéria orgânica seja favorável.

Ao se buscar os valores médios para a concentração de Ferro Total em diferentes tipos de lodo na literatura, pode-se observar que existe uma grande variedade de valores encontrados (90,6 a 40258,68 mg.L<sup>-1</sup>) sendo que o lodo gerado neste trabalho apresentou um valor dentro dessa faixa. Pode se concluir, que o método de tratamento do lodo, impacta diretamente nas características deste, de forma a aumentar a concentração de metais e possivelmente diminuir a concentração de matéria orgânica (observada através da DQO).

#### 5. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Outro problema encontrado foi a escolha de um método de geração de lodo o qual fornecesse material em quantidade suficiente para a realização de análises físico-químicas que pudessem resultar em uma caracterização mais ampla do lodo da semente de *Moringa Oleifera*, sendo necessário que o lodo gerado pelo método escolhido tivesse características físicas e químicas o mais próximas o possível do que se esperaria que eles tivessem caso fossem gerados em uma Estação de Tratamento de Água.

Dessa forma, deixo como sugestão de trabalho a criação de uma “mini ETA” que pudesse ser operada seguindo a operação de uma ETA convencional, de preferência em duplicata, a fim de se realizar simultaneamente o tratamento utilizando um coagulante convencional e um coagulante proveniente do processamento da semente da moringa. Dessa forma, a geração de lodo seria maior, de forma que a quantidade lodo gerado não ser um fator limitante na hora de se realizar as análises

físico-químicas deste, além de se gerar um lodo de um coagulante convencional, que tendo passado pelo mesmo processo para sua geração e tendo a mesma água bruta, pudesse ser mais facilmente comparado com o lodo de coagulante orgânico, oferecendo uma análise comparativa com menos interferências nos resultados para os parâmetros selecionados.

Outro trabalho interessante seria analisar a aplicação do lodo de moringa em uma cultura agrícola ou em uma área degradada, de forma a se observar a influência dessa aplicação na melhoria das qualidades do solo, e o aumento de sua fertilidade e produção agrícola. Trabalhos semelhantes foram realizados por Bittencourt et al. (2012) e Silva (2005), os quais podem ser usados como referência para a construção do experimento.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMÂNCIO, Diego Vipa et al. Caracterização do Lodo Gerado numa Estação de Tratamento de Água. **Sustentare**, v. 1, n. 1, p. 29-44, 2017.

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WEF - Water Environmental Federation. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. Washington. 20a edição, janeiro de 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BITTENCOURT, Simone et al. Application of sludges from water treatment plant and from sewage treatment plant in degraded soil. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 315-324, setembro de 2012.

BOTERO, W. G. Caracterização de Lodo Gerado em Estações de Tratamento de Água: Perspectivas de Aplicação Agrícola. **Quim. Nova**, Vol. 32, No. 8, 2018-2022, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Consolidação das Normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Brasília, 2017.

CORDEIRO, J. S. **Processamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água (ETAs)**. ABES, Rio de Janeiro, 2001.

FRANCISCO, Amanda Alcaide; POHLMANN, Paulo Henrique Mazieiro; FERREIRA, Marco Antônio. **Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência**. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, **Anais...**, IBEAS. 2011.

FRANCO, Camila Silva et al . Coagulação com semente de moringa oleífera preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro , v. 22, n. 4, p. 781-788, agosto 2017.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 2000. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27032002pnsb.shtm>>. Acessado em: 15 de abril de 2019.

LIMA JÚNIOR,R.N.;ABREU, F.O.M.S. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidades. **Revista Virtual Química**, 10(3), no prelo. Data da publicação na Web: 28 de junho de 2018.

LO MONACO, Paola Alfonsa Vieira et al. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Ambiente & Água -An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 3, 2010.

LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.E.; NASCIMENTO, F.S.; PAIVA, E.C.R. (2012) Ação Coagulante do Extrato de Sementes de Moringa Preparado em Diferentes Substâncias Químicas. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.20, n.5, p.453-459, 2012.

LOMBARDI, R. **Desempenho de Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente Alimentado com Lodo de Estação de Tratamento de Água e Esgoto Sanitário**. Dissertação (Mestrado) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Jaboticabal, 174 p., 2009.

RICHTER, C. A.; AZEBEDO, de. J. M. **Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água**. Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 2001.

SANTOS, T.R.T.; VIEIRA, M.F.; BERGAMASCO, R. Uso do coagulante natural *moringa oleifera lam* no processo combinado de coagulação/floculação/adsorção para minimização da formação de trihalometanos. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v.9, n.11, p. 131-141, 2013.

SCALIZE, P.S. **Caracterização e clarificação por sedimentação da água de lavagem de filtros rápidos de estações de tratamento de água que utilização sulfato de alumínio como coagulante primário**. Dissertação - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo - USP.220 p. São Carlos, 1997.

SENA, H.C.; PIVELI, R. P. Tratamento de Lodo de ETA em ETE por Sistema de Lodo Ativado Operando em MBBR. **Hydro**, São Paulo, ano VIII, n.83, p.38-47, setembro de 2013.

SILVA, É.T.; MELO, W.J.; TEIXEIRA, S.T. Chemical attributes of a degraded soil after application of water treatment sludges. **Scientia Agricola**, v.62, p.559-563, 2005.

SILVEIRA, C. **Desaguamento de Lodo de Estações de Tratamento de Águas por Leito de Drenagem / Secagem com Manta Geotêxtil**. Dissertação (Mestrado) pela Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 136 p., 2012.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; HIRATA, Angélica Yumi. **Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água do Estado de São Paulo**. ABES, São Paulo: 2001.

WAGNER, Luiz Fernando; Pedrosa, Keylla. **Disposição de Resíduos das Estações de Tratamento de Água**. Technoeng, Ponta Grossa/PR, dezembro de 2014.