

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DANIEL FELIPE DELEVATTI

**APLICABILIDADE DO LODO DA ETA PARA O TRATAMENTO DO EFLUENTE
DOMÉSTICO NO MUNICÍPIO DE PALMA SOLA - SC**

FRANCISCO BELTRÃO

2022

DANIEL FELIPE DELEVATTI

**APLICABILIDADE DO LODO DA ETA PARA O TRATAMENTO DO EFLUENTE
DOMÉSTICO NO MUNICÍPIO DE PALMA SOLA - SC**

**APPLICABILITY OF WTS SLUDGE TO CONTRIBUTE TO THE TREATMENT OF
DOMESTIC EFFLUENT IN THE MUNICIPALITY OF PALMA SOLA - SC**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientadora: Prof. Dra. Elaine Schornobay Lui.
Coorientador: Prof. Dr. Davi Zacarias de Souza.

**FRANCISCO BELTRÃO
2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

DANIEL FELIPE DELEVATTI

**APLICABILIDADE DO LODO DA ETA PARA O TRATAMENTO DO EFLUENTE
DOMÉSTICO NO MUNICÍPIO DE PALMA SOLA - SC**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Data de aprovação: 22/junho /2022

Vitória Brocardo de Leon
Mestre em Engenharia Ambiental
Prefeitura Municipal de Palma Sola

Elaine Schornobay Lui
Doutorado e Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Davi Zacarias de Souza
Doutorado e Mestrado em Ciências
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

FRANCISCO BELTRÃO

2022

AGRADECIMENTOS

Sou grato aos que acreditaram no meu caráter e me deram forças para nunca desistir, sendo eles família, amigos e colegas.

Sou grato aos meus professores, todos eles, que fizeram eu me tornar a pessoa que sou hoje.

Sou grato à UTFPR campus Francisco Beltrão, por permitir o contato com pessoas do Brasil todo.

Sou grato a Prefeitura Municipal de Palma Sola, e seus servidores, pelo imenso apoio, em especial a Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente.

RESUMO

Felipe Delevatti, Daniel. **Aplicabilidade do lodo da ETA para o tratamento do efluente doméstico no município de Palma Sola - SC.** 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, Brasil, 2022.

O planeta possui recursos limitados, um destes é a água, indispensável para a vida e utilizada de diversas formas, algumas das quais requerem que este recurso passe por uma estação de tratamento, empreendimento responsável por processar a água, entregando ao consumidor nos padrões exigidos pela legislação, sendo considerada potável. O município de Palma Sola fica no extremo oeste do estado de Santa Catarina, fazendo divisa com o estado do Paraná, possuindo aproximadamente 7.500 habitantes. Onde para combater a estiagem foi criada a estação de tratamento de água, na comunidade Linha Brasil, interior do município, atendendo aproximadamente 54 moradias, após o processo a sujeira retirada é encaminhada para uma lagoa de estabilização, onde a água evapora e persiste somente o resíduo sólido. Este resíduo é conhecido como lodo, possuindo produtos químicos, desta forma necessitando cuidados para sua destinação. O objetivo deste estudo foi determinar em diferentes concentrações a viabilidade de reciclar o lodo gerado pelo tratamento de água, utilizar este lodo para auxiliar no processo de tratamento da estação de tratamento de efluentes do Município de Palma Sola e realizar comparações entre o composto gerado e o coagulante comercial. O lodo foi calcinado e utilizado no teste de jarros, o resultado deste processo acarretou um aumento na turbidez, resultado este que demonstra que a metodologia utilizada não foi eficaz para redução, sendo necessários novos estudos para sua utilização.

Palavras-chave: Reutilização, tratamento, coagulação, adsorção.

ABSTRACT

Felipe Delevatti, Daniel. **Applicability of WTS sludge to contribute to the treatment of domestic effluent in the municipality of Palma Sola - SC.** 35. Completion of course work (Graduate in Environmental Engineering), Federal Technological University of Paraná. Francisco Beltrão, Brazil, 2022.

The planet has limited resources, one of which is water, indispensable for life and used in different ways, some of which require that this resource pass through a treatment plant, an enterprise responsible for processing the water, delivering it to the consumer in the standards required by the legislation, being considered potable. The municipality of Palma Sola is located in the extreme west of Santa Catarina state, on the border with the state of Paraná, with approximately 7,500 inhabitants. Where a water treatment plant was created to combat the drought, in the Linha Brasil community, in the interior of the municipality, serving approximately 54 homes, after the process the removed dirt is sent to a stabilization pond, where the water evaporates and only the solid waste. This residue is known as sludge, having chemical products, thus requiring care for its destination. The objective of this study was to determine at different concentrations the feasibility of recycling the sludge generated by the water treatment, to use this sludge to assist in the treatment process of the effluent treatment plant in the Municipality of Palma Sola and to make comparisons between the generated compost and the commercial coagulant. The sludge was calcined and used in the jar test, the result of this process led to an increase in turbidity, a result that demonstrates that the methodology used was not effective for reduction, requiring further studies for its use.

Keywords: Reuse, treatment, coagulation, adsorption.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Usos da água	11
Figura 2 - Fluxograma do tratamento de água.....	13
Figura 3 - Estação de tratamento de água Linha Brasil.....	19
Figura 4 - Localização das captações superficiais da ETA Linha Brasil.....	20
Figura 5 - Fluxograma do processo de tratamento da ETA Linha Brasil.....	21
Figura 6 - Lagoa de estabilização da ETA Linha Brasil.....	22
Figura 7 - Localização da ete e das lagoas de tratamento	22
Figura 8 - Caracterização do efluente da ETE realizada em 01/06/2022	23
Figura 9 - Forno mufla.....	24
Figura 10 - Lodo calcinado separado nas concentrações a serem utilizadas.....	24
Figura 11 - Equipamento teste de jarros, “jar-test”	25
Figura 12 - pHmetro digital.....	26
Figura 13 - Turbidímetro digital.....	26
Figura 14 – Teste de jarros com efluente bruto e com adição de policloreto de alumínio.....	28
Figura 15 - Amostras C1 e C2 após o período de repouso.....	28
Figura 16 - Teste de jarros com adição de lodo calcinado	29
Figura 17 – Precipitação do lodo calcinado amostra 2g(2)	29

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	OBJETIVOS	10
2.1.	Objetivo geral.....	10
2.2.	Objetivos específicos:	10
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1.	Legislações de controle de qualidade da água no brasil.....	12
3.2.	Tratamento da água	13
3.3.	Coagulantes utilizados em estações de tratamento de água	14
3.4.	Lodo de estação de tratamento de água.....	14
3.5.	Utilização como adsorvente	15
3.6.	Controle de qualidade de efluentes no brasil	15
3.7.	Tratamentos de efluentes.	16
3.7.1.	Tratamentos físicos:.....	16
3.7.2.	Tratamentos químicos.....	17
3.7.3.	Tratamentos biológicos.....	18
4.	MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1.	Amostragem	21
4.2.	Remoção da matéria orgânica	23
4.3.	Jar test	25
4.4.	Análise do ph.....	26
4.5.	Análise de turbidez	26
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6.	CONCLUSÕES.....	31
	REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável, e dependendo da sua origem este recurso deve passar por um processo de tratamento, existindo relatos de técnicas aplicadas desde os anos 4000 a.C. (FERREIRA, 2017). No Brasil, os padrões de potabilidade da água são estabelecidos no anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5, de 28 de setembro de 2017, inserido pela portaria 888 de 4 de maio de 2021 (BRASIL, 2021).

O tratamento ocorre nas estações de tratamento de água (ETAs), as quais possuem um processo, muitas vezes distinto devido às diferentes características da água captada para o abastecimento (água bruta). Segundo Achon, Barroso e Cordeiro (2013) a água pode ser considerada um bem industrializado, passando por um processo de remoção de impurezas e adição de produtos químicos, deste modo os resíduos desta produção possuem características distintas e de difícil destinação.

Um dos resíduos deste processo é o lodo, resíduo sólido que deve seguir as diretrizes da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, geralmente sendo encaminhado para aterros, no entanto, estes são empreendimentos com capacidade de armazenamento limitada e deste modo devem ser utilizados com eficiência. O lodo possui em sua constituição produtos químicos que foram utilizados para remover as impurezas da água, conhecidos como coagulantes (ACHON *et al*, 2013), porém ao final do processo, estes produtos podem ainda ser capazes de realizar tal função, sendo assim um desperdício encaminhá-los a um aterro. Já existem diversas possibilidades de utilização do lodo, podendo ser utilizado como fertilizante, quando aplicado ao solo (LUCON, 2012), e quando calcinado pode ser utilizado como material cimentício suplementar, e assim inserido na construção civil em pastas e argamassas (RUVIARO *et al*, 2020). Mais recente, outra alternativa que vem sendo utilizada é a possibilidade da sua utilização como adsorvente. Após passar pelo processo de calcinação, em que ocorre a queima da matéria orgânica, formando um composto inorgânico, e este pode ser utilizado no processo de tratamento de efluentes (FREITAS *et al*, 2005).

O coagulante, segundo Metcalf e Eddy (2016) é um composto que ocasiona a desestabilização das partículas coloidais, para que posteriormente se agrupem em partículas maiores, facilitando o processo de sedimentação. Deste modo o objetivo do presente estudo é analisar a viabilidade de reciclar o lodo gerado pelo tratamento de água, como adsorvente no tratamento de efluentes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Determinar a viabilidade de utilizar o lodo da ETA, pelo método da calcinação, no tratamento de efluentes no município de Palma Sola.

2.2. Objetivos específicos:

- Determinar a viabilidade em diferentes concentrações do composto gerado, para o processo de coagulação dos efluentes de uma estação de tratamento de efluentes;
- Realizar comparação entre o composto gerado e o coagulante comercial.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O meio ambiente é vital para a sobrevivência, não só humana, mas dos ecossistemas em geral, e a existência destes ecossistemas, nos garante serviços indispensáveis para o bem-estar humano, refletindo na manutenção, melhoria e recuperação das condições ambientais, assim influenciando a qualidade de vida das pessoas, provendo produtos como água, alimentos, madeira, fibras, entre outros (BRASIL, 2022). Entretanto o termo “meio ambiente” muitas vezes tem conceitos utilizados de forma errônea, pela mídia e também por profissionais (MENEGUZZO E CHAICOUSKI, 2010).

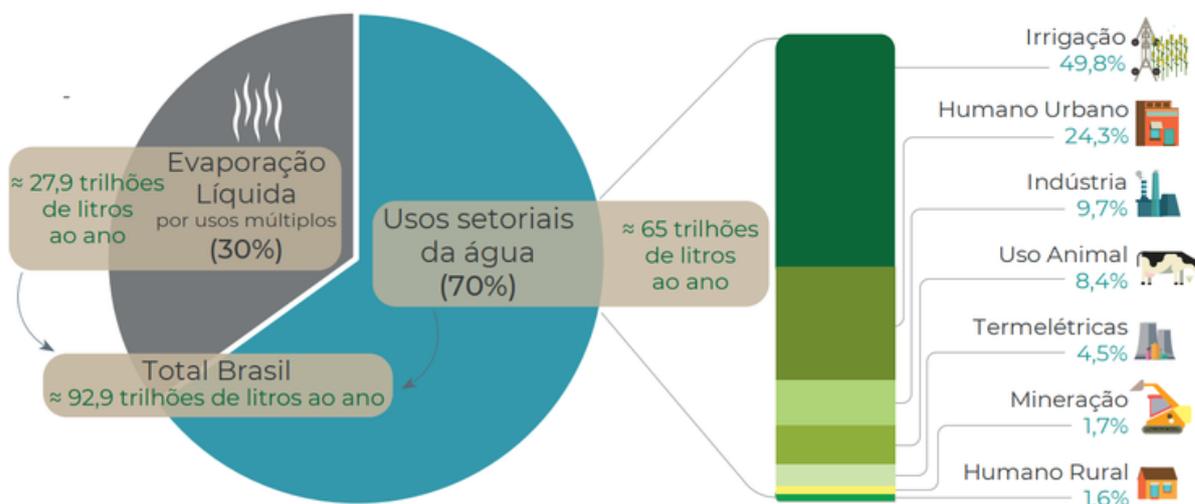
Dentre os produtos naturais o mais crítico e fundamental para a vida é a água, nela acredita-se ter surgido as primeiras formas de vida, participando de toda a evolução dos seres (DEMAE, 2022). Sendo que 70% da cobertura do planeta é constituída por água, e deste montante apenas uma pequena fração consiste em água doce, que se divide em geleiras, aquíferos e fontes superficiais, esta última é utilizada das mais variadas formas, como na agricultura, na indústria e também para atender a demanda das residências (FUNASA, 2020).

Com base na Política Nacional de Recursos Hídricos, lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, também conhecida como “Lei das águas”, destacasse a importância deste serviço ambiental, bem de domínio público, recurso natural com oferta limitada, ao qual é atribuído valor econômico (BRASIL, 1997).

No Brasil, a água é utilizada para a agricultura, como por exemplo, irrigação de lavouras e dessedentação animal, além desta demanda, as outras duas atividades são industriais e consumo humano (figura 1), usos estes classificados como consultivos, nos quais a água tem utilização direta. Porém, a água é um recurso muito utilizado de forma indireta, como por exemplo, a navegação e o turismo, estes classificados como não consultivos (BRASIL, 2019).

Figura 1 - Usos da água

Retirada de água no Brasil - 2019



Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019).

3.1. Legislações de controle de qualidade da água no Brasil

A história do controle da qualidade da água no Brasil, já tem mais de um século, evoluindo através de diversas legislações, começando na segunda década do século XIX, foi criado o Departamento Nacional de Saúde Pública (DNSP), Instituído pelo decreto-lei nº 3.987, em 10 de julho de 1934 foi criado o Código Das Águas, por meio do decreto nº24.643. Algumas décadas depois foi estabelecido o Código Nacional da Saúde por meio do decreto nº 49.974/1961. Porém somente na década de 70, foi atribuída a competência ao ministério da saúde para criação das normas e dos padrões de potabilidade a serem seguidos, através do decreto nº 79.367/1977, fundamentado pela lei nº 6.229/1975 e ao final da década de 90, entra em vigor a lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e a lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999, lei que define a vigilância sanitária, trazendo foco ao saneamento e proteção ambiental. No início do século XX, é criada a Agência Nacional das Águas (ANA) por meio da lei no 9.984, de 17 de julho de 2000 (FORMAGGIA, 2007).

Em 2005 foi criado o decreto nº 5.440, no dia 4 maio, estabelecendo os padrões de qualidade da água para consumo público (BRASIL, 2005). Já em 2011, o Ministério da Saúde, por meio da portaria 2.914, definiu novos parâmetros de qualidade para a água destinada ao abastecimento público, tendo como legislação mais recente a portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, dispondo sobre procedimentos de controle, padrões e também procedimentos de vigilância da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2021).

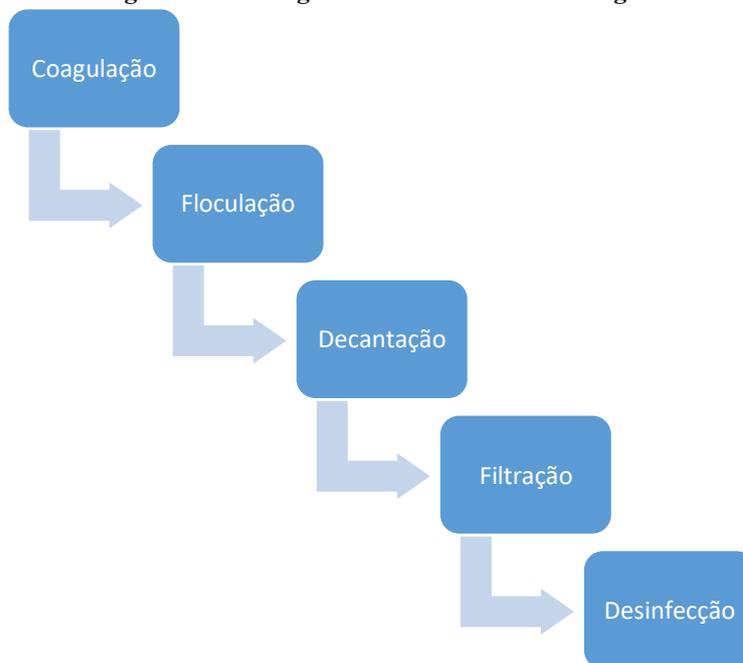
3.2. Tratamento da água

As fontes de captação influenciam diretamente na forma de tratamento, águas subterrâneas tendem a precisar de tratamentos mais simples, enquanto águas superficiais, devido ao fácil contato com agentes poluentes, necessitam de tratamentos mais completos. Só no ano de 2014 foram perfurados cerca de 10.800 poços outorgados e para enquadramento desta outorga, foram levados em conta os diversos usos da água (MAZZUCO *et al*, 2018).

A importância do tratamento da água se dá à demanda deste recurso, garantindo que haja condições mínimas de segurança sanitária, respeitando a portaria nº 888, de 4 de maio de 2021 (BRASIL, 2021).

O tratamento de água convencional (figura 2) é um dos modos de adequação da qualidade da água, sendo utilizados sistemas denominados “estações de tratamento de água” (ETA), trata-se de diferentes processos realizados em sequência, até que a água captada esteja dentro dos padrões de potabilidade. Também conhecido como tratamento de ciclo completo, ele começa com a adição de um produto químico chamado coagulante (desestabiliza as partículas coloidais e as reagrupa), logo após vai para os flocculadores, onde ocorre o processo de floculação (formação dos flocos), seguindo para os decantadores, onde os flocos formados começam a se depositar no fundo do equipamento, após a decantação a água segue para um filtro lento, o qual retira as impurezas restantes. (FUNASA, 2020).

Figura 2 - Fluxograma do tratamento de água.



Fonte: Adaptado FUNASA (2020).

3.3. Coagulantes utilizados em estações de tratamento de água

Dentre os coagulantes mais utilizados em estações de tratamento de água (ETA) estão o sulfato de alumínio, cloreto férrico, hidroxicloreto de alumínio, sulfato férrico e policloreto de alumínio sendo a determinação de qual será utilizado baseada em características da água bruta, custo do coagulante e características do sistema de tratamento (Padilha, 2011).

O Sulfato de Alumínio é fabricado a partir do hidrato de alumínio, sendo um dos coagulantes mais utilizados, devido a sua fácil obtenção, praticidade e baixo custo operacional. Em contato com a água o sulfato de alumínio é hidrolisado formando espécies iônicas solúveis e um precipitado.

O Cloreto Férrico atua na redução da turbidez e da demanda bioquímica de oxigênio, também executando a eliminação de fosfatos e metais pesados, sendo uma ótima opção para remoção de mercúrio e chumbo e também de arsênio, selênio e bário.

O Hidroxicloreto de Alumínio é um coagulante que tem se mostrado mais eficiente que o sulfato de alumínio, tendo um aumento de até 250% na remoção de partículas coloidais.

O Sulfato Férrico é muito utilizado no tratamento de água, os sais de ferro ocasionam reações de neutralização de cargas, podendo agir em uma ampla faixa de pH devido a formação de hidróxidos insolúveis de ferro. Na coagulação facilita a formação dos flocos, reduzindo o tempo de sedimentação e gerando um lodo mais compacto.

Policloreto de Alumínio é um coagulante inorgânico, sendo o segundo mais comumente utilizado, logo atrás do sulfato de alumínio. O policloreto de alumínio, também conhecido como PAC, apresenta um melhor desempenho em temperaturas mais baixas, menos resíduos de alumínio e menor volume de lodo, também tem menor efeito no pH da água (Pavanelli, 2001; Gerhardt, 2018).

3.4. Lodo de estação de tratamento de água

O lodo gerado na estação de tratamento de água consiste na matéria retirada da água bruta por precipitação, adsorção, floculação e sedimentação, também possui em sua constituição o residual dos produtos químicos utilizados no processo de tratamento, onde para cada kg de lodo, existe entre 7 e 180g de alumínio, que quando seco possui uma maior área superficial e reatividade, tornando-se assim um bom adsorvente (Ritter, 2020).

Ainda segundo Ritter (2020), o lodo é um composto que possui um alto custo de destinação final, sendo enquadrado como resíduo sólido, porém este possui ainda formas de reutilização, não devendo assim ser tratado como rejeito e encaminhado ao aterro sanitário.

3.5. Utilização como adsorvente

A adsorção é um processo onde substâncias são concentradas na superfície de um sólido, e quanto maior for esta superfície maior será a adsorção. Podendo variar entre adsorção física, quando ocorre por meio de ligações fracas como força de Van Der Waals, onde o somatório das forças atrativas é superior ao das forças repulsivas, e também adsorção química, quando envolve a partilha de elétrons (Ritter, 2020).

3.6. Controle de qualidade de efluentes no Brasil

Em 18 de junho de 1986 entra em vigor a resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) N° 20, que dispõe sobre a classificação das águas, padrões de qualidade e parâmetros de controle, determinando os valores máximos da composição química de efluentes passíveis de lançamento direto no corpo receptor (BRASIL, 1986). Em 08 de janeiro de 1997 instituiu-se a Política Nacional de Recursos Hídricos, por meio da lei N° 9.433, a qual tem dentre seus objetivos garantir água de qualidade para as atuais e futuras gerações, incentivar o uso consciente e promover a captação, preservação e aproveitamento das águas pluviais, este último incluído pela lei 13.501 de 2017 (BRASIL, 1997). Em 17 de março de 2005, revogando a resolução CONAMA N° 20, entra em vigor a resolução CONAMA N° 357 que discorre sobre a classificação dos corpos hídricos e as condições e padrões a serem seguidos para lançamento de efluentes (BRASIL, 2005). Em 13 de maio de 2011, atualizando e complementando a resolução CONAMA N° 357, entra em vigor a resolução CONAMA N° 430, dispondo sobre as condições e padrões a serem seguidos para lançamento de efluentes (BRASIL, 2011).

A negligência para com o tratamento de efluentes pode trazer sérios riscos para o meio ambiente, tanto para o solo como para os corpos d'água. E destinações não adequadas tornam tais efluentes nocivos não somente para a saúde da população, mas também para os setores industriais e atividades agrícolas, devido à grande quantidade de elementos químicos presentes nos mais diversos tipos de efluentes, podendo resultar em alterações da composição química do meio, desestabilizando seu equilíbrio e conseqüentemente, impactando a fauna, flora e a fertilidade do solo (AMARAL *et al*, 2017).

3.7. Tratamentos de efluentes.

Segundo Metcalf e Eddy, (2016), basicamente três formas de tratamento são utilizadas, tratamentos físicos, químicos e biológicos, podendo ser utilizados de forma individual ou cooperativa, sendo a escolha do tratamento relacionada às características do efluente a ser tratado. Estas três formas constituem-se de:

3.7.1. Tratamentos físicos:

- **Gradeamento:** Consiste em uma grade com dimensões devidamente projetadas, responsável pela retenção de sólidos grosseiros, evitando que tais sólidos danifiquem ou acabem por obstruir os processos subsequentes, garantindo uma maior eficiência do sistema. O sistema de gradeamento também pode ser substituído por outros sistemas de remoção de sólidos grosseiros, como fragmentadores e trituradores.
- **Mistura:** Operação com o intuito de homogeneizar o efluente, a fim de facilitar os processos posteriores.
- **Desarenação:** Consiste na remoção da areia presente no efluente, através de sedimentação, realizada em tanques onde a velocidade de escoamento é reduzida.
- **Caixa de gordura:** efetua a separação da gordura, através da diferença de densidade, e a baixa miscibilidade, faz com que seja possível que grande parcela da gordura seja retida e não interfira em processos posteriores.
- **Floculação:** Tem a finalidade de formar agregados ou flocos, promovendo colisões a fim de desestabilizar as partículas, para que estas se agrupem novamente em partículas maiores, facilitando a sua remoção.
- **Sedimentação:** Método utilizado para remoção de partículas através da força gravitacional, onde estas decantam e ficam armazenadas, tais partículas podem ser areias, sólidos suspensos totais, flocos biológicos em sistemas específicos e flocos químicos, também em processos específicos.
- **Flotação:** Processo que promove a separação de partículas sólidas ou líquidas de uma fase líquida, através da introdução de finas bolhas de um gás, geralmente ar, na maioria das vezes, este processo é utilizado para remoção de matéria suspensa e concentrar biossólidos.
- **Aeração:** Promove a disponibilidade de oxigênio para processos aeróbios, devido à baixa solubilidade do oxigênio em água, podendo ser fornecido por equipamentos mecânicos, dentre eles pode-se citar a aeração por ar difuso, processo onde ar é inserido ao efluente

através de difusores submersos, outro método ocorre pela agitação mecânica do efluente fazendo com que ocorra a dissolução do ar da atmosfera.

3.7.2. Tratamentos químicos

Os processos de tratamento químico constituem-se da junção de várias operações químicas, sendo que alguns processos envolvem a adição de substâncias, desta forma aumentando a parcela líquida do efluente. Os processos químicos também são utilizados junto aos processos físicos, conhecidos como processos físico-químicos, para tratamento completo do efluente bruto, dentre as formas mais usuais de tratamento químico encontram-se:

- **Coagulação química:** A coagulação é um processo onde partículas coloidais (partículas que tipicamente possuem uma carga superficial líquida negativa consideravelmente menor que as forças de repulsão das cargas elétricas) são mantidas suspensas pelo movimento Browniano (movimento térmico aleatório que ocasiona bombardeamento de moléculas de água sobre as partículas coloidais), e desta forma são desestabilizadas, para que então o crescimento de partículas possa ocorrer devido à colisão entre elas, gerando assim partículas maiores. Para auxiliar nesta etapa, são utilizadas substâncias denominadas “coagulantes”, que possuem a função de desestabilizar as partículas coloidais e reuni-las em coágulos, acelerando o processo. Os coagulantes mais típicos constituem-se de polímeros orgânicos naturais e sintéticos, sais de metais e sais de metais pré-hidrolisados e segundo Silva (2019), pode-se destacar sulfato de alumínio, cloreto férrico e sulfato férrico como os coagulantes mais comumente utilizados.
- **Floculação química:** Tem o objetivo de produzir partículas que possam ser removidas por métodos de separação baratos, é realizada através da adição de um produto químico denominado “floculante”, tipicamente orgânico, responsável por aumentar a eficiência da floculação. A floculação pode ser dividida em microfloculação, (onde a agregação de partículas é ocasionada pelo movimento Browniano) e macrofloculação.(introdução de gradientes de velocidade e mistura para a agregação de partículas).
- **Precipitação química:** Resultado da adição de produtos químicos responsáveis pela alteração no estado dos sólidos facilitando assim sua sedimentação, utilizada como amplificadora de desempenho para decantadores primários, atuando na remoção de fósforo e metais pesados, sendo uma etapa básica para tratamentos físico-químicos

3.7.3. Tratamentos biológicos

Nos processos industriais, o tratamento biológico tem o intuito de remover ou diminuir a concentração orgânica e inorgânica do efluente, porém antes da sua utilização é necessária uma análise que determine se aquele efluente é tóxico ou não para os microrganismos. Os processos biológicos mais usuais podem ser divididos em duas categorias:

- Processo de crescimento suspenso: Neste método os organismos responsáveis pelo tratamento são mantidos em suspensão líquida, podendo ocorrer por adição de oxigênio dissolvido, nitrito e nitrato, podendo ser utilizado no tratamento de efluentes industriais altamente concentrados. Um exemplo deste processo é o tratamento com utilização de lodos ativados, que teve origem em torno de 1913 na Inglaterra, recebendo este nome devido à produção de grande quantidade de microrganismos capazes de realizar a estabilização do efluente em condições aeróbias.
- Processo de crescimento aderido: Para este tipo de processo os microrganismos são responsáveis pela conversão da matéria orgânica e de nutrientes em um material inerte, através da formação de um biofilme, uma espécie de película sobre o material de preenchimento. O processo conta com a utilização de pedras, pedregulhos, areias dentre outros materiais para preenchimento, que podem estar ou não submersos no efluente, o processo mais conhecido é o filtro biológico podendo variar de 1 a 10 metros de altura.

3.7.4. ETE Palma Sola

A estação de tratamento de efluentes (ETE) de palma sola possui um sistema de oxicoagulação com adição de ácido sulfúrico, para separação da parte líquida e sólida. A parte sólida é encaminhada para uma composteira, onde o lodo é misturado com serragem por um sistema de helicoides movidas por motores elétricos, enquanto a parte líquida passa por um filtro de pedras, indo então para uma lagoa de estabilização e por fim uma lagoa de maturação, as características dos efluentes estão dispostas na figura 8.

4. MATERIAL E MÉTODOS

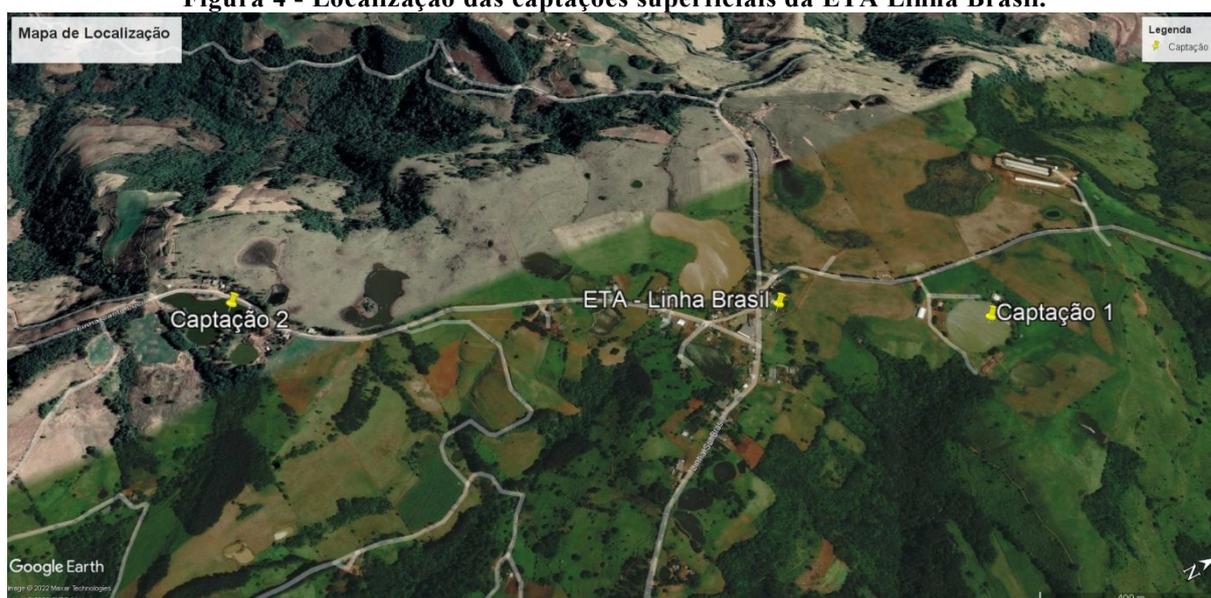
A estação de tratamento de água da Linha Brasil segue o sistema de tratamento convencional descrito pela FUNASA no ano de 2020. Está localizada no interior do município de Palma Sola (figura 3), sendo inaugurada no dia 12 de novembro de 2021, trata-se de uma ETA compacta que atende mais de 50 famílias, possuindo captação de dois reservatórios superficiais (Figura 4).

Figura 3 - Estação de tratamento de água Linha Brasil.



Fonte: Autoria própria (2022).

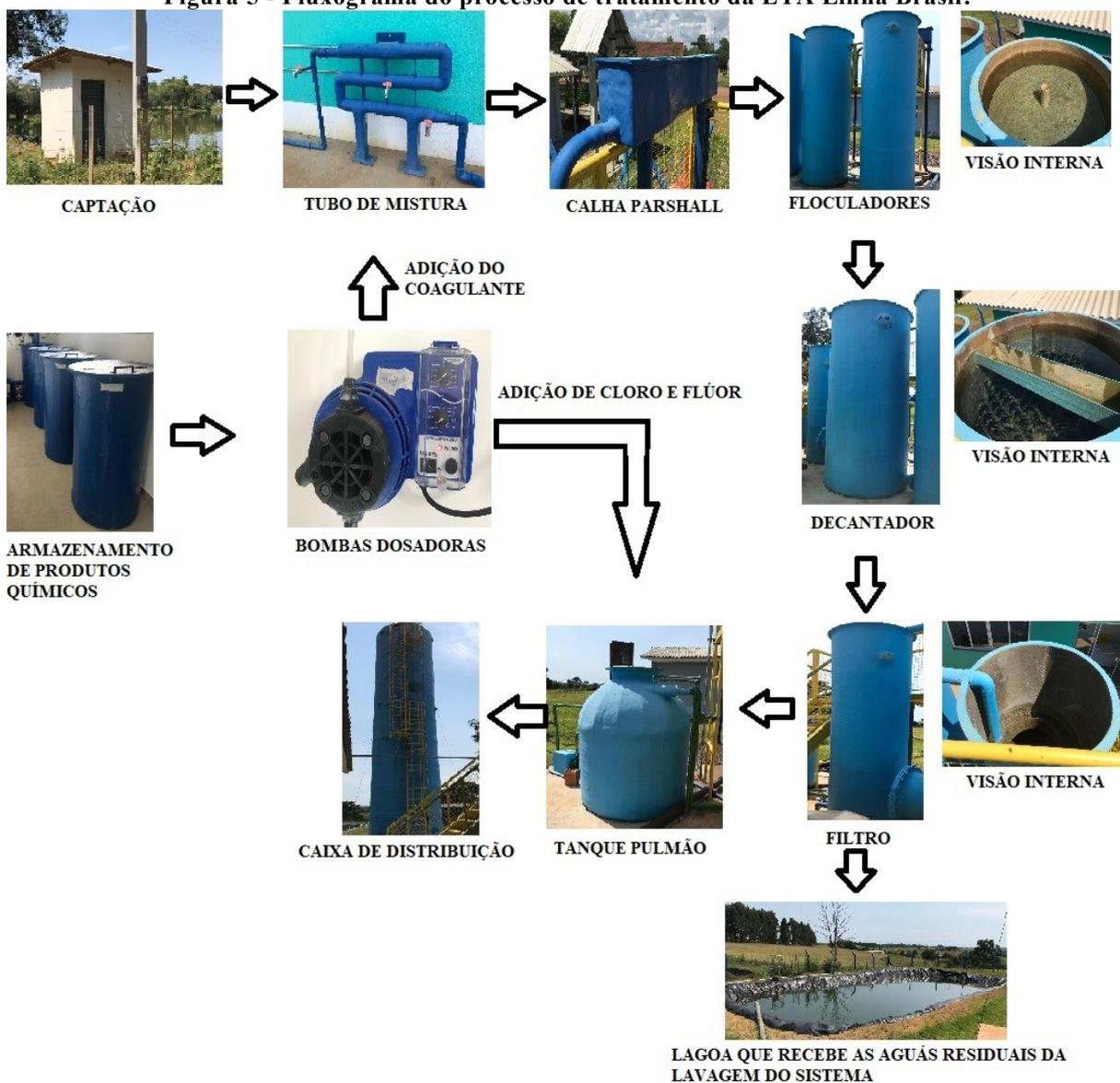
Figura 4 - Localização das captações superficiais da ETA Linha Brasil.



Fonte: Google Earth Pro (2022).

Como pode ser observado na figura 5, o tratamento tem início com a captação da água bruta, seguindo então para um tubo de mistura, onde é adicionado o coagulante policloreto de alumínio, a vazão é controlada utilizando um medidor do tipo calha parshall, que simula um canal aberto e possui indicações de volume em seu centro, seguindo então para dois flocladores de fluxo ascendente, ligados em série, após a floclação, a água passa por um decantador de fluxo ascendente e segue para o filtro lento descendente, constituído de areia e pedras. Após a filtração a água é armazenada no tanque pulmão, onde é feita a etapa de desinfecção com hipoclorito de sódio, e adicionado flúor, por fim a água segue para a caixa de distribuição de 100m³, onde se encontra pronta para ir para as residências (Prefeitura Municipal de Palma Sola, 2022).

Figura 5 - Fluxograma do processo de tratamento da ETA Linha Brasil.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.1. Amostragem

As amostras de lodo gerado ao final do tratamento foram coletadas ao fundo da lagoa de estabilização da ETA (figura 6).

Figura 6 - Lagoa de estabilização da ETA Linha Brasil.



Fonte: Autoria própria (2022).

Enquanto as amostras de efluente cujas características são apresentadas na figura 8, foram coletadas na estação de tratamento de efluentes de palma sola (figura 7). Sendo a coleta realizada superficialmente com a utilização de um balde.

Figura 7 - Localização da ete e das lagoas de tratamento



Fonte: Google Earth (2022).

Figura 8 - Caracterização do efluente da ETE realizada em 01/06/2022

RESULTADOS								
PARÂMETRO	RESULTADO	UNIDADE	LQ	LD	U95%	MÉTODO	DATA ENSAIO	VMP 1
DBO 5	328,23	mg/L	1,30	1,15	±1,55	SMWW, 23ª Edição, Método 5210 B	02/06/2022	Redução mínima de 60%
DQO	695,00	mg/L	18,00	11,0	±0,47	Hach Edição 1, Método 10212	02/06/2022	-
Fósforo total	4,32	mg P/L	1,60	0,34	±0,16	PT03FQ22	07/06/2022	-
Nitrogênio Amoniacal	154,00	mg/L	1,0	0,427	±0,04	PT03FQ23	07/06/2022	inferior à 20,0 mg/L
Nitrogênio Nitrato	129,30	mg N-NO3-/L	0,30	0,04	±0,26	PT03FQ14	01/06/2022	-
Óleos e graxas totais	4111,0	mg/L	6,0	2,14	-	SMWW, 23ª Edição, Método 5520 D	06/06/2022	-
pH	7,11	pH a 25°C	2	-	±0,04	SMWW, 23ª Edição, Método 4500 H+ B	02/06/2022	entre 5,0 e 9,0
Sólidos sedimentáveis	<0,5	mL/L	0,5	0,2	±0,5	SMWW, 23ª Edição, Método 2540 F	01/06/2022	inferior à 1,0 mL/L/h

Fonte: Prefeitura Municipal de Palma Sola (2022).

4.2. Remoção da matéria orgânica

Como a estação de tratamento de água da Linha Brasil não possui leito de secagem, a coleta foi realizada com a utilização de um balde em um dia em que a lagoa estivesse com volume reduzido, desta forma sendo coletada parte sólida e líquida.

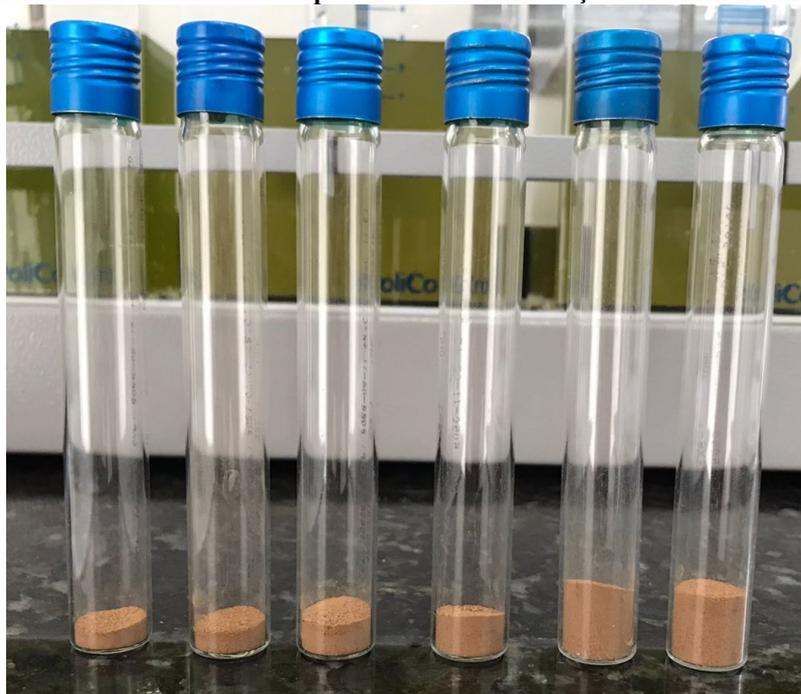
A matéria orgânica do lodo foi separada da parte inorgânica seguindo a metodologia utilizada por Martins (2014), por meio de calcinação a 550°C, onde aproximadamente 7 litros de amostras de lodo previamente homogeneizadas, foram dispostas em 14 cadinhos de porcelana de 50 mL, os quais foram adicionados em dois fornos mufla (figura 9), essa operação foi repetida até o término da amostra, e foi realizada no laboratório de solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, na cidade de Francisco Beltrão, onde ficaram pelo período de duas horas, após este período foram deixadas a temperatura ambiente pelo período de 1 hora para resfriamento, o resultado desta incineração foi macerado em almofariz com utilização de pistilo, isto resultou em aproximadamente 13 gramas de lodo calcinado, sendo pesado utilizando uma balança analítica, em pares de respectivamente 0,5g, 1g e 2g (figura 10), sendo armazenados em frasco de vidro para o transporte até a ETA Linha Brasil, onde foram realizados os demais procedimentos.

Figura 9 - Forno mufla.



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 10 - Lodo calcinado separado nas concentrações a serem utilizadas.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.3. Jar test

O equipamento “*Jar test*” (teste de jarros) é utilizado para simular o processo de coagulação, nele foram utilizados 6 litros do efluente coletado na estação de tratamento de efluentes do município de Palma Sola, separados em seis recipientes de 1 litro, a cada dois recipientes destes foi adicionado uma concentração de 0,5g, 1g e 2g do lodo calcinado. Ao término das análises anteriores, foi repetido o processo utilizando 1 litro do efluente com adição de 5mL (C1) e 1 litro de efluente com adição 10mL (C2) de policloreto de alumínio (PAC) e 2 litros do efluente bruto, separados em 2 recipientes de 1 litro, para comparações de resultados.

Para que ocorra a coagulação, foi adaptada a metodologia utilizada por Martins (2014), separando a mistura do efluente com o lodo em dois estágios, o primeiro é o tempo de mistura rápida (TMR), onde o *jar test* da marca *Policontrol* (figura 11) foi configurado para 300 rotações por minuto (RPM), durante 1 minuto e o segundo estágio realizado em duas etapas, utilizado o tempo de mistura lenta (TML) no qual o *jar test* estava configurado para 80 RPM no período de 8 minutos e 30 RPM no período de 10 minutos. Após as etapas anteriores, as amostras ficaram em repouso durante 30 minutos, para que ocorra a sedimentação dos sólidos suspensos, ao final deste processo foram feitas análises do pH e turbidez da solução, para fazer a comparação entre elas.

Figura 11 - Equipamento teste de jarros, “jar-test”.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.4. Análise do pH

Em todas as amostras foram realizadas medições de pH, com utilização de pHmetro eletrônico da marca *Tecnozon* modelo mPA-210 (figura 12) previamente calibrado, para então realizar as comparações entre as concentrações.

Figura 12 - pHmetro digital.



Fonte: A autoria própria (2022).

4.5. Análise de turbidez

Foi realizada análise de turbidez com a utilização de turbidímetro digital da marca *Tecnozon* modelo TB-2000 (figura 13), da amostra bruta do efluente e também após o período de repouso do ensaio no aparelho *Jar test* para cada uma das concentrações.

Figura 13 - Turbidímetro digital.



Fonte: A autoria própria (2022).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração mais eficiente foi determinada pela alteração da turbidez e do pH, obtidas após a fase de repouso citada na etapa anterior. Segundo CACHEIRA *et al* (2012), o agrupamento de partículas está relacionado com o pH, sendo que quanto maior for o pH, maior será o tamanho dos flocos e desta forma a taxa de sedimentação/decantação será aumentada, resultando numa maior transparência da água.

Para comparação primeiramente foi realizada análise do efluente bruto (EB), sem passa pelo teste de jarros (Jar test), este medindo uma turbidez de 95 NTU e posteriormente as análises com o efluente bruto após passar pelo teste de jarros (B1 e B2) medindo respectivamente 75 e 70 NTU, dos quais foi feita uma média (MB) obtendo o valor de 72,5 NTU.

Com adição do coagulante policloreto de alumínio (pac), o qual é comercializado na concentração 10/60, que corresponde a 10% de PAC e 60% de alcalinizante (figura 14), os resultados (tabela 1) comparados a MB demonstraram uma redução na turbidez de 98,4% com a concentração C1 e 21,4% com a concentração C2), onde com a adição de C1 este reduziu a turbidez de 72,5 NTU (MB) para 1,17 NTU, já com adição de C2 a redução foi menor, indo de 72,5 NTU (MB) para 57 NTU, a diferença na turbidez se torna nítida na figura 15, onde C1 (esquerda) apresenta uma transparência muito superior a C2(direita).

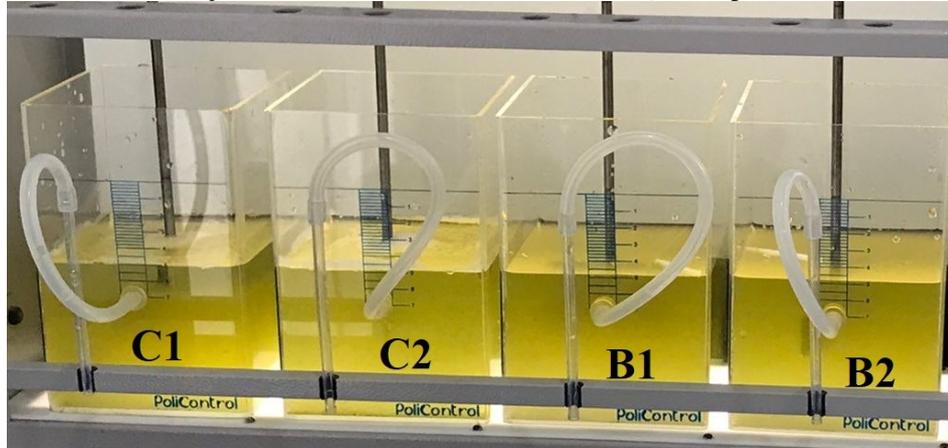
Se tratando do pH, este teve uma redução de 22,9 % quando comparado C1 a MB, e de 39,7 quando comparado C2 a MB, segundo CACHEIRA *et al* (2012), a redução do pH acarreta a redução no tamanho dos flocos, diminuindo assim a sedimentação (figura 15), deste modo a concentração C2, por ter mais coagulante, apresentou um pH mais baixo e conseqüentemente sua redução de turbidez foi menor que C1.

Tabela 1 - Análises de pH e turbidez

Amostra	pH	Turbidez
EB	7,78	95
B1	7,60	75
B2	7,62	70
MB	7,61	72,5
C1	5,87	1,17
C2	4,59	57
Lodo 0,5g	7,71	94
Lodo 0,5g (2)	7,77	100
Lodo 1,0g	7,84	100
Lodo 1,0g (2)	7,85	92
Lodo 2,0g	7,67	109
Lodo 2,0g (2)	7,68	113

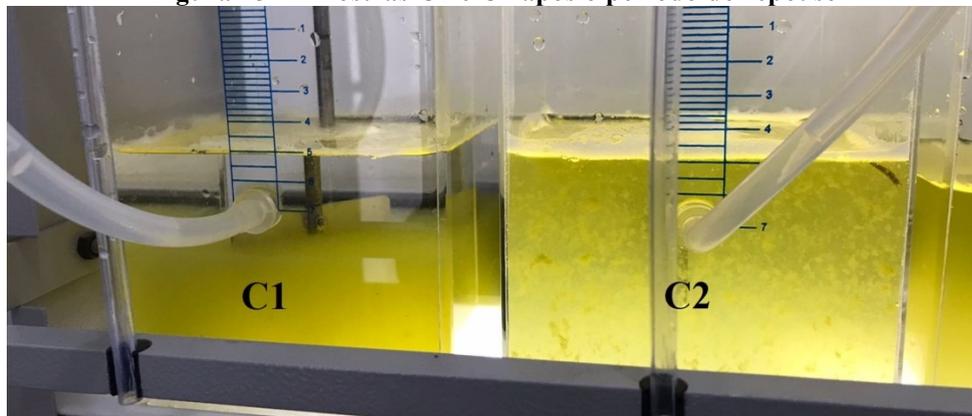
Fonte: Aatoria própria, 2022.

Figura 14 – Teste de jarros com efluente bruto e com adição de polícloro de alumínio



Fonte: Aatoria própria (2022).

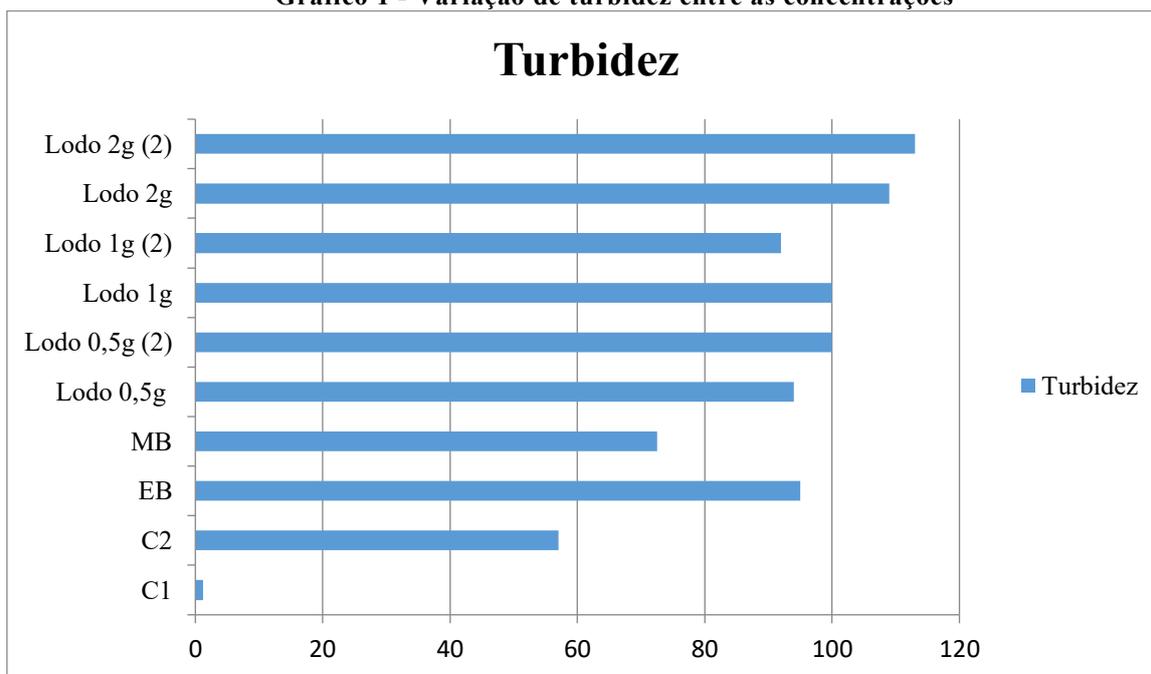
Figura 15 - Amostras C1 e C2 após o período de repouso



Fonte: Aatoria própria (2022).

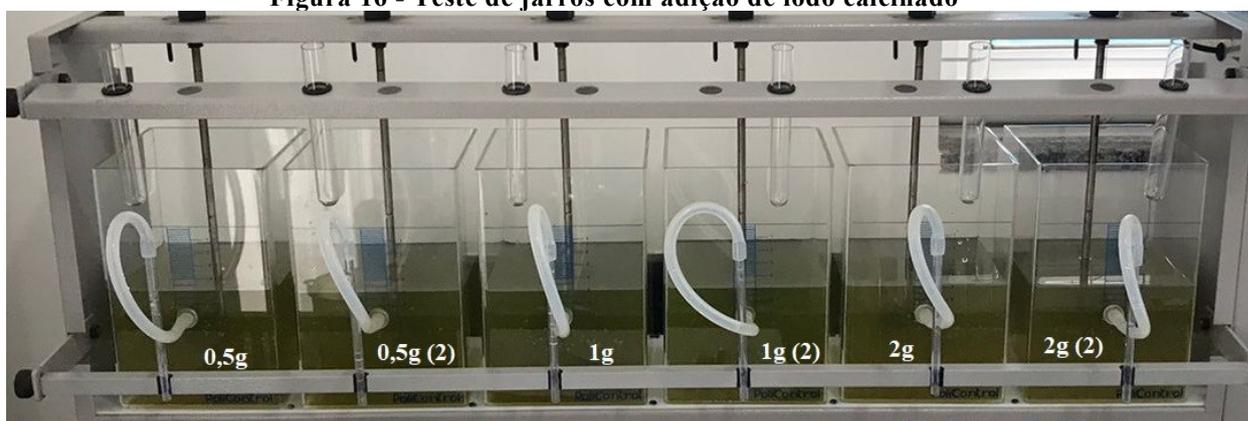
Os resultados obtidos após o teste de jarros com todas as amostras que tiveram adição do lodo calcinado (figura 16) não demonstraram eficiência na redução da turbidez pelo contrário (gráfico 1), sendo a menor diferença obtida na concentração de 1g (2), onde a turbidez foi elevada em 26,9% e a maior diferença nas concentrações de 2 gramas, onde acarretou um aumento na turbidez de 50 e 55,8% respectivamente, quando comparado com MB (Tabela 1), notou-se também que o lodo calcinado precipitou rapidamente no fundo dos jarros (figura 17).

Gráfico 1 - Variação de turbidez entre as concentrações



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 16 - Teste de jarros com adição de lodo calcinado



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 17 - Precipitação do lodo calcinado amostra 2g(2)



Fonte: Autoria própria (2022).

Dentre as hipóteses levantadas para tal resultado está a diferença da metodologia utilizada por Martins (2014), na velocidade do teste de jarros durante o tempo de mistura rápido (TMR), o qual para o presente estudo foi configurado para 300 rpm, sendo esta a

velocidade máxima do aparelho utilizado, enquanto na metodologia a velocidade é de 400 rpm. Outro fator é a temperatura de calcinação, podendo ter permitido a permanência de matéria orgânica, sendo que na metodologia utilizada a temperatura de calcinação foi de 550°C, enquanto em outras metodologias como a de Santos (2016), foi realizada a calcinação a 750°C. As concentrações do lodo calcinado podem ter sido muito elevadas, aumentando deste modo a turbidez do efluente, pois como pode ser notado em C1 e C2 (figura 15), o recipiente com menor concentração (C1) teve a melhor coagulação/floculação, ou seja, quando adicionado em alta concentração, os resultados não foram eficientes.

Resultados diferentes foram obtidos por Freitas *et al* (2005), o qual utilizou ácido sulfúrico para degradação da matéria orgânica do lodo de ETA, testou a regeneração dos coagulantes, conseguindo reduzir os sólidos suspensos em até 53%, no entanto ao final de tal processo o custo do coagulante regenerado superou o do coagulante comercial em até 28%.

Para maximizar os resultados pode ser utilizada a associação de diferentes coagulantes no processo de tratamento, garantindo uma maior remoção dos parâmetros de qualidade da água (VALVERDE, 2014).

As características do lodo gerado demonstram a capacidade de sua utilização como adsorvente, como Ritter (2020) demonstrou em seus experimentos, a desidratação do lodo gerado com utilização do coagulante policloreto de alumínio é eficaz para remoção de fósforo de efluentes, tornando-se uma opção de baixo custo para o tratamento de efluentes.

6. CONCLUSÃO

A utilização do lodo calcinado neste estudo, não se mostrou viável para os objetivos propostos, onde ao invés de acarretar uma redução da turbidez, as análises apresentaram uma elevação média de 33,8% para as concentrações de 0,5g, 32,4% para as concentrações de 1g e 53,1% para as concentrações de 2g.

Pelos resultados obtidos, pode-se afirmar que o coagulante comercial utilizado apresentou uma maior eficiência para redução de turbidez em relação ao lodo calcinado, onde as concentrações C1 e C2 reduziram a turbidez em 98,4 e 21,4% respectivamente.

Deste modo são necessários novos estudos, para verificar a possibilidade de utilizar a lodo de uma estação de tratamento de água como adsorvente.

REFERÊNCIAS

- ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. **Resíduos de estação de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro**. Revista Eng Sanit Ambient, v.18, n. 2, p. 115-122. Rio de Janeiro-RJ. abr/jun 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000200003>. Acesso em 24/04/2022 às 19:50.
- AMARAL, L. O; SANTOS, S. S. A. **Diretrizes para tratamento de efluentes oriundos de uma indústria alimentícia**. Revista Científico. v.17, n.36, Fortaleza - CE. 2017. Disponível em: <http://docplayer.com.br/75604969-Diretrizes-para-tratamento-de-efluentes-oriundos-de-uma-industria-alimenticia.html>. Acesso em 04/05/2022 às 15:30.
- AREIAS. I.O.R; VIEIRA, C. M. F; MANHÃES R. S. T; INTORNE, A.C. **Incorporação de lodo da estação de tratamento de esgoto (ETE) em cerâmica vermelha**. Cerâmica v.63, n.367, São Paulo – SP. Julho/Setembro. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0366-69132017633672004>. Acesso em 23/05/2022 às 17:40.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Usos da água**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua>. Acesso em: 16/05/2022 às 20:20.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf. Acesso em 16/05/2022 às 18:30.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986**. Dispõe sobre a instituição do Selo Ruído de uso obrigatório para aparelhos eletrodomésticos que geram ruído no seu funcionamento. Disponível em: <http://www.oads.org.br/leis/136.pdf>. Acesso em 14/05/2022 às 19:15.
- BRASIL. Constituição Federal. Política Nacional de Recursos Hídricos, **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em 20/05/2022 às 17:40.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf. Acesso em 10/05/2022 às 22:35.
- BRASIL. Constituição Federal. **Decreto 5.440, de 4 de maio de 2005**. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5440.htm. Acesso em 18/05/2022 às 18:50.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em:

https://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/RE%20CONAMA%20403-2011_Lancamento%20de%20Efluentes.pdf. Acesso em 19/05/2022 às 23:15.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Caderno Didático/Técnico para curso de gestão de sistemas de abastecimento de água em áreas rurais do Brasil**. Brasília. 2020. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/web/guest/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica>. Acesso em 11/05/2022 às 21:20.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em 07/05/2022 às 14:45.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conservação de Ecossistemas**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/conservacao-1>. Acesso em 10/05/2022 às 20:48.

CACHEIRA, C. S; SANTOS, J. P. S; FARIA, J. P. N; VARANDAS, M. M; SILVA, M. F. C. R. P; COSTA, M. A. P. **Processo de coagulação/floculação**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Cidade do Porto, Portugal. 2012.

CAMARGO, J. A; HENKES, J. A; ROSSATO, I. F. **Avaliação do consumo de água em abatedouro de aves visando a redução e ou reutilização de água**. Revista Gestão & Sustentabilidade. Vol. 5. n. 2. Florianópolis – SC. 2016.

DEMAE. Departamento Municipal de Água e Esgoto de Caldas Novas. **Importância da água para nossa vida**. 2022. Disponível em: <https://www.demae.go.gov.br/projetos/importancia-da-agua-para-nossa-vida>. Acesso em 16/05/2022 às 20:44.

DEUS, R.M; BATTISTELLE, R. A. G; SILVA, G. H. R. **Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências**. Revista Eng Sanit Ambient, v.20, n.4, p. 685-698. Rio de Janeiro-RJ. out/dez 2015.

DINIZ, M. A. O. M; MELO, D. C. P. **Potencial aproveitamento de lodo de ETE na construção civil em Recife/PE**. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.10. n.5. p.187-203, Fortaleza – CE. 2019.

FERREIRA FILHO, S. S. **Tratamento de água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento**. - 1 ed. 463p. Grupo Editorial Nacional S.A. Rio de Janeiro - RJ. 2022.

FORMAGGIA, D. M. E. **Uma breve história do Programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo humano do Estado de São Paulo**. SEVISA. n. 01/2007. Centro de vigilância sanitária. Coordenadoria de controle de doenças da secretaria de estado da saúde de São Paulo. São Paulo-SP. 2007.

- FREITAS, J. G; FERREIRA FILHO, S. S. F; PIVELI, R. P. **Viabilidade técnica e econômica da regeneração de coagulantes a partir de lodos de estações de tratamento de água.** Revista Eng Sanit Ambient, v.10, no.2, p. 137-145. São Paulo - SP. abr/jun 2005.
- GERHARDT, C. M. **Uma alternativa de substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de água potável.** Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS.
- LUCON, I. M; **Uso agrícola do lodo gerado em estação de tratamento de água.** Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical, Área de Concentração em Gestão de Recursos Agroambientais). Instituto Agronômico. Campinas – SP. 2012.
- MARINHO, I. Q. **Tratamento de efluentes da indústria alimentícia.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG. 2017.
- MARTINS, H. C. **Estudo sobre os processos de coagulação, floculação e decantação em efluentes oriundos de usina canavieira.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina – PR. 2014.
- MEDEIROS, I. R; SOUZA, L. Z; BUENO, L. M; JABUR, A. S. **Utilização do coagulante natural PGA21CA no tratamento de água para consumo humano.** Revista Brazilian Applied Science Review. v. 4, n. 3, p.1544-1549 . Curitiba – PR. 2020.
- MENEGUZZO, I. S; CHAICOUSKI, A. **Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza.** Universidade Estadual de Londrina. Geografia. v. 19, no. 1. Londrina - PR. 2010.
- METCALF, L; EDDY, H.P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos – 5 ed.** 2008 p. editora AMGH. Porto Alegre – RS. 2016.
- MAZZUCO, G. G; LIONI, A. B; TREVISAN, D. P; LORANDI, R; MOSCHINI, L. E. **Avaliação da efetividade das políticas públicas voltadas para a proteção das áreas de captação de água: estudo de caso no município de São Carlos-SP.** Revista Águas Subterrâneas, v. 32, n.1, p. 154–161. São Carlos – SP. (2018).
- MOREIRA, S. F; SANTOS, S. D. O; SARDINHA, A. S; JÚNIOR, A. P. **O lodo de ETE como alternativa para a recuperação do solo em áreas.** Brazilian Applied Science Review. v. 3, n. 3, p. 1564-1585. Curitiba – PR. 2019.
- PADILHA, D. J; CERUTI, F. C; VIDAL, C. M. S; MARTINS, C. H. **Análise da utilização de três diferentes coagulantes na remoção da turbidez de água de manancial de abastecimento.** Centro Universitário de Maringá. Maringá – PR. 2011.
- PARENTE, A. H; SILVA, E. A. B; **Redução de efluentes líquidos na indústria alimentícia.** Departamento de Química. Universidade Católica de Pernambuco. Recife - PE. 2002.
- PALEARI, T. H. **Coagulantes naturais e coagulante químico para o tratamento de efluente de indústria de café solúvel.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina – PR. 2014.
- PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada.** Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos – SP. 2001.

PEREIRA, A. C. A; GARCIA, M.L. **Efeitos da disposição de lodo de estações de tratamento de efluentes (ETE) de indústria alimentícia no solo: estudo de caso.** Revista Eng Sanit. Ambinet. v.22, n.3. Rio de Janeiro – RJ. 2017

PIMENTA, J. A. A; FERREIRA, J. W. S; NICOLAU, R. H. G; FURUYA, D. E. G; SILVA, L. M. S; JÚNIO, G. J. P. **Avaliação do sulfato de alumínio, policloreto de alumínio e cloreto férrico no tratamento de água bruta do rio santo Anastácio.** Revista Colloquium Exactarum, v. 9, n.3, p.38–56. Jul-Set. Presidente Prudente – SP. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PALMA SOLA, **Portal do Cidadão.** Disponível em: <https://palmasola.atende.net/cidadao>. Acesso em 10 de maio de 2022, às 20:57.

RITTER, M. T. **Estudo do lodo de eta contendo alumínio para a adsorção de fósforo de esgotos sanitários previamente tratados em wetlands construídos.** Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC. 2020.

RUVIARO, A. S.; SILVESTRO, L; SCOLARO, T. P; PELISSER, F; GLEIZE, P. J. P. **Incorporação de lodo calcinado de estação de tratamento de água como material cimentício suplementar.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 243-260, out./dez. 2020.

SAATH. K. C. O; FACHINELLO, A. L. **Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil.** Revista de Economia e Sociologia Rural vol.56 no.2. Brasília – DF. 2018.

SANTOS, G. Z. B. **Argamassa geopolimérica à base de lodo de estação de tratamento de água calcinado.** Universidade Federal do Amazonas. Faculdade de Tecnologia. Programa de pós-graduação em engenharia civil. Manaus – AM. 2016.

SILVA, C. H. S. T; **Avaliação comparativa de agentes coagulantes: químico e natural no processo de coagulação de águas servidas.** Universidade Federal de Campina Grande. Sumé – PB. 2019.

VALVERDE, K. C. **Avaliação do processo de tratamento de água utilizando a associação do coagulante natural moringa oleifera LAM e Coagulantes químicos.** Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR. 2014.