

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

**GIZÉLLI KASPER BRANCO
LARISSA ZORZIN**

**TRATAMENTO DE EFLUENTE DE MATADOURO E FRIGORÍFICO
DE SUÍNOS POR MEIO DE COAGULANTE ORGÂNICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2016

GIZÉLLI KASPER BRANCO

LARISSA ZORZIN

**TRATAMENTO DE EFLUENTE DE MATADOURO E FRIGORÍFICO
DE SUÍNOS POR MEIO DE COAGULANTE ORGÂNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Departamento Acadêmico de Ciências Biológicas e Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Me. Fábio Orssatto

MEDIANEIRA

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em
Gestão Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

TRATAMENTO DE EFLUENTE DE MATADOURO E FRIGORÍFICO DE SUÍNOS POR MEIO DE COAGULANTE ORGÂNICO

Por

GIZÉLLI KASPER BRANCO
LARISSA ZORZIN

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 19:15 h do dia 16 de junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Medianeira. Os candidatos foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho Aprovado.

Prof. Me. Fábio Orssatto
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Orientador)

Prof. Dr. Eduardo Eyng
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Dr. Laercio Mantovani Frare
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Fábio Orssatto
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

- Este termo assinado encontra-se na coordenação de curso.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, por ter-nos dado proteção, força e graça para a realização de mais esta etapa em nossas vidas.

A todos os amigos que conquistamos nesta caminhada.

Ao professor Prof. Me. Fábio Orssatto pela orientação e dedicação.

Estou completamente convencido de que, se todos nós não fizermos um esforço concentrado, com uma noção de responsabilidade universal, veremos a derrocada gradual dos frágeis ecossistemas que nos sustentam, resultando numa degradação irreversível e irrevogável do nosso planeta, a Terra (DALAI LAMA).

RESUMO

BRANCO, Gizelli Kasper; ZORZIN, Larissa. Tratamento de Efluente de Matadouro e Frigorífico de Suínos por meio de coagulante orgânico. 2016. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Tecnologia em Gestão Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

O grande crescimento populacional e industrial resultou também no elevado aumento da demanda por água, principalmente potável. Vários estudos têm sido realizados com o intuito de melhorar os sistemas e métodos de tratamentos já existentes e a redução de impactos ambientais resultantes. Através da maior eficiência nos processos, minimizando as concentrações de produtos químicos utilizados principalmente na coagulação e floculação. Este trabalho buscou descrever a eficiência, viabilidade e vantagens, principalmente de cunho ambiental na utilização de coagulantes e floculantes orgânicos no tratamento de água e efluentes em substituição aos convencionais coagulantes inorgânicos. Os resultados obtidos demonstram a possibilidade e viabilidade de seu uso, denotando que quantidades menores possibilitam uma maior efetividade diminuição nos níveis de cor e turbidez do efluente tratado em comparativo ao efluente bruto. O estudo pode verificar que o uso do coagulante, sendo ele um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular e de origem essencialmente vegetal, conseguiu demonstrar que em todos os tratamentos houve remoção de cor e turbidez se comparados os valores obtidos nas análises entre o efluente tratado e o bruto. Observando o teste de comparação de médias, teste de Tukey, verificou-se que mesmo o tratamento 1 não diferindo estatisticamente dos tratamentos 2 e 3 com 95% de confiança, obteve êxito na remoção da cor e da turbidez. Sendo que por base o tratamento 1, e em termos práticos, pode-se concluir que com a dosagem 0,2 mL, a menor quantidade de coagulante, foi possível obter com efetividade a melhor remoção dos atributos estudados. Consequentemente, observando os dados obtidos pode-se dizer que maiores quantidades de coagulantes acarretam pouca diminuição nos atributos cor e turbidez se comparados os valores entre o efluente tratado e o efluente bruto.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulantes, Floculantes, Tratamento, Turbidez, Cor.

ABSTRACT

BRANCO, Gizelli Kasper; ZORZIN, Larissa. Treatment of wastewater of Slaughterhouse swine through organic coagulant. 2016. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Tecnologia em Gestão Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

The large population and industrial growth also resulted in a sharp increase in demand for water, especially drinking . Several studies have been conducted in order to improve the systems and methods of existing treatments and the reduction of environmental impacts . Through the greater process efficiency, minimizing chemical concentrations used primarily for coagulation and flocculation. This work seeks to describe the effectiveness, feasibility and advantages, especially of an environmental nature in the use of organic coagulants and flocculants in water treatment and waste to replace inorganic coagulants conventional. The results show the possibility and feasibility of its use, showing that smaller quantities enable greater effectiveness decrease in levels of color and turbidity of the effluent treated in comparison to the raw effluent . The study can be seen that the use of coagulant , being an organic , cationic polymer of low molecular weight, essentially vegetable origin , able to demonstrate that all treatments there removing color and turbidity compared the values obtained for the analysis of the effluent treated and gross . Observing the mean comparison test, Tukey test , it was found that even the treatment 1 were not statistically different from treatments 2 and 3 with 95 % confidence , succeeded in removing color and turbidity . Since based treatment 1 , and in practical terms , it can be concluded that with the 0.2 ml dose , the smallest amount of coagulant , it was possible to obtain the best effectiveness in removing the attributes studied. Consequently , by observing the data obtained it can be said that larger amounts of coagulants carry little reduction in turbidity , and color attributes values compared between the treated effluent and the crude effluent.

KEYWORDS: Coagulants, Flocculants, Treatment, turbidity, color.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Fluxograma da estação de tratamento de efluente do frigorífico	23
Figura 02 – Sistema <i>Jar test</i>	24
Figura 03 – Processo de sedimentação	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Análises físico-químicas para caracterização do efluente	23
Tabela 02 - Tratamentos aplicados aos efluentes por diferentes dosagens	26
Tabela 03 - Resultados dos tratamentos para o atributo cor	27
Tabela 04 - Análise de Variância dos valores de cor	27
Tabela 05 - Teste de Tukey para o atributo cor.....	28
Tabela 06 - Resultados para turbidez entre os efluentes e tratamentos aplicados....	29
Tabela 07 - ANOVA dos valores de Turbidez.....	29
Tabela 08 - Teste de Tukey para turbidez.....	30

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS.....	9
1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1 ÁGUA	14
3.2 USO INDUSTRIAL DA ÁGUA.....	16
3.3 EFLUENTE.....	18
3.4 PROCESSOS DE COAGULAÇÃO/FLUCULAÇÃO	19
3.5 COAGULANTE.....	20
4 MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 EFLUENTE DE FRIGORÍFICO E MATADOURO DE SUÍNOS.....	23
4.2 COAGULANTE UTILIZADO	24
4.3 ENSAIO DO <i>JAR TEST</i>	24
4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.1 COR	27
5.2 TURBIDEZ	29
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de valor inestimável, é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos, que mantêm em equilíbrio os ecossistemas, é uma referência cultural e um bem social indispensável a adequada qualidade de vida da população, é imprescindível como recurso natural renovável, sendo de suma importância para o desenvolvimento dos ecossistemas, e por consequência, considerada um fator vital para toda população terrestre, dessa forma ela possui um valor econômico que reflete diretamente nas condições socioeconômicas das diversas populações mundiais.

A degradação dos recursos hídricos nas últimas décadas tem despertado a atenção da comunidade mundial, em virtude do comprometimento da quantidade e qualidade da água. Devido ao custo oneroso para o tratamento das águas e a deterioração dos recursos hídricos, os órgãos fiscalizadores estão estabelecendo Leis e Normas Ambientais cada vez mais restritivas quanto ao despejo de efluentes.

Essas águas tornam-se impregnadas por resíduos ou pela perda de energia térmica, originando produtos contaminados que devem ser tratados antes de serem devolvidos aos mananciais. Nos matadouros os efluentes líquidos são gerados em grande quantidade e representam um sério problema pelo seu alto teor de matéria orgânica, como consequências do lançamento desses despejos são acarretados sérios prejuízos ao meio ambiente.

O tratamento dos efluentes de cada indústria deve obedecer à legislação ambiental regional. O tratamento é baseado na transformação dos poluentes dissolvidos e em suspensão em gases inertes e ou sólidos sedimentáveis para a posterior separação das fases sólida e líquida. O sistema de tratamento deve ser utilizado com o objetivo de evitar a degradação da natureza, uma vez que essas águas serão lançadas de volta à natureza.

Diversos ecossistemas são comumente contaminados por efluentes, tais como nitrogênio, fósforo, compostos orgânicos, gerando grande quantidade de materiais dissolvidos e suspensos, ocasionando altos índices de cor e turbidez.

O conhecimento da vazão e da composição do efluente industrial possibilita a determinação das cargas de poluição / contaminação, o que é fundamental para definir o tipo de tratamento, avaliar o enquadramento na legislação ambiental e

estimar a capacidade de autodepuração do corpo receptor. Desse modo, é preciso quantificar e caracterizar os efluentes, para evitar danos ambientais, demandas legais e prejuízos para a imagem da indústria junto à sociedade.

Em paralelo aos tratamentos convencionais que utilizam floculantes inorgânicos, tanto para a redução de matéria orgânica (DBO) em água potável como para águas residuárias, tem-se a ascensão de pesquisas pela utilização de produtos orgânicos ou naturais como floculantes/coagulantes, produtos estes que contribuem de maneira significativa para a preservação não só da água mais também dos solos e ar. Dentre os compostos orgânicos com propriedades coagulantes, floculantes e adsorventes os que apresentam as mais eficientes características são a quitosana, sementes de moringa oleífera Lam e os taninos (VAZ, et al., 2010).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho foi avaliar o desempenho do coagulante orgânico, no processo de coagulação/floculação, no tratamento de efluente por meio da avaliação de parâmetros físicos e químicos do efluente coletado de matadouro e frigorífico de suínos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar uma dosagem de coagulante orgânico, que atenda os parâmetros turbidez e cor.
- Descrever a eficiência, viabilidade e vantagens, ambientais na utilização de coagulantes e floculantes orgânicos no tratamento de efluente.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁGUA

A disponibilidade da água define a estrutura e funções de um ambiente responsável pela sobrevivência de plantas e animais assim como todas as substâncias em circulação no meio celular que constituem o ser vivo, se encontram em solução aquosa, desde os elementos minerais que procedentes do solo, percorrem as raízes e caule em direção às folhas, para elaboração dos alimentos orgânicos, até a passagem dos alimentos elaborados, das mais variadas composições químicas, de uma para outra célula, de um para outro tecido vegetal ou animal, no abastecimento de matéria e energia indispensáveis as funções vitais de nutrição, reprodução e proteção do organismo (BRANCO, 1999).

Podem-se observar diferentes tipos de seres vivos que se caracterizam pela disponibilidade hídrica, fornecendo a diversidade dos ecossistemas (PHILIPPI, 2004).

A água é imprescindível como recurso natural renovável, sendo de suma importância para o desenvolvimento dos ecossistemas, e por consequência, considerada um fator vital para toda a população terrestre. Dessa forma, ela possui um valor econômico que reflete diretamente nas condições socioeconômicas das diversas populações mundiais (SANTOS E MANCUSO, 2003).

Por ser fluído vital para todos os seres vivos é essencial para consumo humano e para o desenvolvimento de atividades industriais e agropecuárias, caracterizando-se, dessa forma, como bem de importância global, responsável por aspectos ambientais, financeiros, econômicos, sociais e de mercado (TELLES; COSTA, 2010, pg. 02).

A água é um insumo essencial à maioria das atividades econômicas e a gestão deste recurso natural é de suma importância na manutenção de sua oferta em termos de quantidade e qualidade. Atitudes proativas são fundamentais, nesse sentido, pois apesar da aparente abundância de recursos hídricos no Brasil (14% das águas doces do planeta e 53% do continente sul americano), sua distribuição natural é irregular nas diferentes regiões do País (TELLES; COSTA, 2010).

Foi pela carência de instrumentos de gestão que conflitos entre usuários se instalaram em algumas bacias hidrográficas brasileiras até o final do século XX, situação que está sendo revertida com a implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Trata-se de fato importante, uma vez que o cenário que se apresenta é o de crescimento urbano-industrial e agrícola que certamente será acompanhado pelo aumento da demanda de água. Sendo o setor industrial um importante usuário de água, é fundamental que seu desenvolvimento se dê de forma sustentável, adotando práticas como o uso racional e eficiente da água (Manual de Orientações para o Setor Industrial Adaptado da FIESP/CIESP (2006)).

As garantias de quantidade e qualidade de água em nossos mananciais, as quais permitirão novos investimentos, expansão da produção industrial e geração de emprego e renda, só poderão ser conseguidas por meio de um amplo esforço do poder público, dos usuários e da comunidade em torno da gestão participativa, descentralizada, harmônica e racional das águas no âmbito dos Comitês de Bacias (ANA – Manual de Orientação Água).

No Brasil existe uma grande quantidade de água doce, distribuídas nos rios e lagos. “Em relação ao mundo, o Brasil tem 12% da produção hídrica da superfície”. (TOMAZ, 2005, p. 20). É devido à pequena quantidade de água disponível relacionada à grande população mundial que vem crescendo a cada dia que se passa a buscar novas maneiras de aproveitar ao máximo a água, relacionado ao consumo e economizando água potável. Tudo isso, além de beneficiar o meio ambiente, leva também a redução de gastos com seu tratamento e conseqüentemente com o tratamento de esgotos, beneficiando a economia de todo o sistema.

A limitação de reservas de água doce no planeta, o aumento da demanda de água para atender principalmente, o consumo humano, agrícola e industrial, a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para o abastecimento público e as restrições que vem sendo impostas em relação ao lançamento de efluentes no meio ambiente, torna necessária a adoção de estratégias que visem racionalizar a utilização dos recursos hídricos e reduzir os impactos negativos a geração de efluentes pelas indústrias (DANTAS,2009,pg.4-19).

3.2 USO INDUSTRIAL DA ÁGUA

O setor industrial é, em grande parte, responsável pela emissão de poluentes e de outros impactos ambientais. O rápido crescimento econômico associado à falta de tecnologia sustentável, bem como a exploração de recursos naturais descontrolada, fez com que esse assunto adquirisse interesse público, e por consequência, desencadeou iniciativas políticas e econômicas. O controle da poluição em seus vários campos de extração, transformação, produção e beneficiamento das indústrias em geral provocam novos posicionamentos industriais, tanto por razões produtivas quanto os impostos por normas e leis (TELLES; COSTA, 2010, p. 180).

Do consumo total de água doce, uma grande parcela é direcionada para as indústrias, que em razão de suas diferentes atividades e tecnologia possuem uma diversificada gama de usos, como matéria prima, reagente, solvente, lavagens de veículos, transmissão de calor, agente de resfriamento (arriferação), fonte de energia, entre outros. A qualidade da água aplicada no setor industrial pode variar conforme estudos de causas e efeitos das impurezas nela contidas e o custo benefício de cada tipo de aplicação que é realizada (TELLES; COSTA, 2010,p.17).

A água possui propriedades que podem favorecer ou dificultar sua aplicação na área industrial, quando em aplicação industriais, a manutenção ou correção da qualidade da água devem ser especificadas de acordo com sua influência no processo, considerando a relação custo - benefício do produto final. "Reafirmando que a qualidade da água para o setor industrial varia de acordo com sua aplicação", conforme o Manual da FIESP/CIESP (SILVA, 2006).

A quantidade e a qualidade da água necessária no desenvolvimento das diversas atividades consumidoras em uma indústria dependem de seu ramo de atividade e capacidade de produção. Um dos grandes benefícios dos indicadores de consumo de água para a indústria é a possibilidade de se avaliar sua eficiência quanto ao uso da água, possibilitando a melhoria dos processos que utilizam água, minimizando os impactos gerados, seja pelo aspecto qualitativo, bem como, pelo quantitativo. Além disto, através dos indicadores há possibilidade de comparações entre indústrias de mesmo segmento, bem como das indústrias nacionais com as

internacionais (MANUAL DE ORIENTAÇÕES PARA O SETOR INDUSTRIAL, FIESP/CIESP, 2006).

Atualmente a indústria nacional esta submetida a dois grandes instrumentos de pressão, de um lado as imposições do comercio internacional pela melhoria da competitividade e de outro, as questões ambientais e as recentes condicionantes legais de gestão de recursos hídricos, particularmente as associadas à cobrança pelo uso da água (MANUAL DE CONSERVAÇÃO E REUSO DE ÁGUA NA INDUSTRIA, 2007).

Para se adaptar a esse novo cenário, a indústria vem aprimorando seus processos e desenvolvendo sistemas de gestão ambiental para atender as especificações do mercado interno e externo. Já se pode encontrar bons exemplos de implantação de sistemas e procedimentos de gestão da demanda de água e de minimização de geração de efluentes dependendo da disponibilidade hídrica, além de iniciativas para redução do consumo de água (MANUAL DE ORIENTAÇÕES PARA O SETOR INDUSTRIAL, FIESP/CIESP, 2006).

O uso de efluentes para abastecer o setor industrial com água de reuso possui vários benefícios, pois este uso pressupõe a utilização de uma água de menor qualidade em relação a água potável, mas que seria descartada sem qualquer utilização e que constitui uma alternativa para que sejam satisfeitas demandas menos restritivas quanto à potabilidade e qualidade. Além de diminuir o desperdício da água, o reuso tem a possibilidade de reduzir a emissão de poluentes industriais nos corpos hídricos quando a água de reuso é incorporada em alguma etapa adjacente do processo de produção. (WEBER; CYBIS; BEAL, 2010).

A quantidade de água necessária para o atendimento das diversas atividades industriais é influenciada por vários fatores como o ramo de atividade, capacidade de produção, condições climáticas da região, disponibilidade de água, tecnologia de produção, idade das instalações, prática operacional, cultura local, inovação tecnológica, investimentos em pesquisa, etc. (TELLES; COSTA).

O Brasil caminha lentamente na direção da sustentabilidade já adotada mundialmente, principalmente no que se refere ao uso inteligente da água, ao controle ambiental e consequentes vantagens socioeconômicas. Sendo o reuso de água considerado uma opção inteligente no mercado mundial, a necessidade de aplicação desta tecnologia, está no próprio conceito de sustentabilidade dos recursos ambientais, as técnicas de tratamento de efluentes já existem e podem ser

aplicados de acordo com as necessidades, o custo e objetivo que se deseja alcançar, a eficiência do projeto está diretamente ligada às condições técnica e econômica.

3.3 EFLUENTE

O desenvolvimento e as conquistas do homem contemporâneo desencadeiam condições para a melhoria da qualidade de vida, ao mesmo tempo em que aumentam os fenômenos de contaminação ambiental. O aumento populacional nas grandes cidades tem gerado quantidades exageradas de resíduos, os quais quando não gerenciados por sistemas eficazes podem prejudicar a qualidade de vida das comunidades que os geram. (KUNIZ et al., 2002).

A indústria é a atividade que mais contribui para a contaminação ambiental, visto que a maioria dos processos industriais utiliza grandes volumes de água elevando conseqüentemente a produção de rejeitos líquidos contendo espécies tóxicas ou difíceis de serem degradadas. (FREIRE et al, 2000; JAIN, et al., 2004).

Valverde (2008) mencionou que qualquer atividade econômica produtora de bens e serviços, de alguma maneira, gera efluentes e resíduos que afeta positiva e/ou negativamente o meio ambiente, esse fato motiva estudos, visando equilibrar o balanço econômico da atividade frigorífica como aspectos legais, ambientais e sociais.

De fato, na atualidade, o paradigma ambiental é o da prevenção à poluição, com o enfoque de tratamento e depuração sendo paulatinamente substituído pela abordagem de minimização da geração dos resíduos, segundo o autor supramencionado (VALVERDE, 2008).

Assim como em várias indústrias do setor alimentício, os principais aspectos e impactos ambientais do segmento produtor e beneficiador de carnes e derivados, conforme discutido anteriormente, estão ligados a alto consumo de água, à geração de efluentes líquidos com alta carga poluidora, principalmente orgânica e geração de resíduos sólidos (PACHECO, 2008).

Os processos dos frigoríficos geram graves problemas de poluição nos ecossistemas aquáticos devido os seus despejos de matéria orgânica, que acima de

determinadas concentrações podem ser prejudiciais ao ambiente e ao ser humano. Apresentam ainda grande quantidade de materiais dissolvidos e suspensos, ocasionando altos valores de cor e turbidez, respectivamente.

3.4 PROCESSOS DE COAGULAÇÃO/ FLOCULAÇÃO

A coagulação e a floculação são processos físico-químicos envolvidos na etapa de clarificação de águas. As impurezas contidas na água podem se encontrar como partículas em suspensão e/ou sob a forma solúvel. As partículas em suspensão podem ou não sedimentar por gravidade.

A coagulação-floculação são processos utilizados para agregar coloides e partículas dissolvidas em flocos maiores, que podem ser removidos por processos de sedimentação ou flotação, dependendo das características dos flocos, sejam coesos ou grumosos, respectivamente (FAGUNDES, 2006; FURLAN, 2008).

Na coagulação, o objetivo é a desestabilização das partículas que se encontram em suspensão, proporcionando a colisão entre elas. Essa desestabilidade ocorre através da adição de produtos químicos denominados coagulantes. As substâncias normalmente utilizadas como coagulantes são: sulfato de alumínio, sulfato ferroso, cloreto férrico, sulfato férrico e aluminato de sódio. Produtos auxiliares também podem ser utilizados na coagulação, sendo os de uso mais comuns denominados polieletrólitos ou polímeros, por apresentarem estrutura química polimérica.

A floculação promove a aglomeração e compactação das partículas desestabilizadas na coagulação, formando os flocos, capazes de sedimentar. Esse processo é favorecido pela agitação suave, que facilita o contato entre os flocos.

O processo de coagulação-floculação, no tratamento de águas, é utilizado para: remoção de turbidez; remoção de cor; redução de bactérias, vírus e outros organismos patogênicos; assim como de algas e outros organismos planctônicos; eliminação parcial de substâncias responsáveis por gostos e cheiros; remoção parcial de fosfatos e metais pesados.

Os fatores que afetam a coagulação-floculação e devem ser levados em consideração são: tipo e tamanho de partículas em suspensão; pH, concentração de

coagulante, alcalinidade, temperatura, tipo e concentração de íons no meio líquido; e tipo de reator, além da variação na velocidade de mistura rápida ou lenta (SOARES, 2009).

A floculação consiste em colocar as partículas coloidais desestabilizadas em contato umas com as outras, de modo a permitir a sua aglomeração. Nesse processo, procura-se o maior número possível de “choques” entre as partículas, para que ocorra a formação de agregados maiores e mais densos, que sejam eficientemente removidos por sedimentação ou filtração (FURLAN, 2008).

A velocidade de formação dos flocos depende do tamanho das partículas em relação ao estado de agitação do líquido, da concentração das mesmas, e do seu grau de desestabilização, que é o que permite que as colisões sejam efetivas para produzir aderência.

3.5 COAGULANTE

A coagulação ocorre através do efeito produzido pela adição de um produto químico (coagulante) sobre uma dispersão coloidal. Envolve dois fenômenos distintos e complementares: o químico, no qual ocorre a reação do coagulante com a água; e o físico, quando ocorre o transporte das espécies resultantes para contato com as impurezas presentes na água (FAGUNDES, 2006).

Os colóides possuem propriedades elétricas que criam uma força de repulsão entre eles, impedindo a aglomeração e a consequente sedimentação. As cargas superficiais dão origem a um potencial eletrocinético mensurável, denominado como potencial zeta. O potencial zeta é a medida do potencial elétrico entre a superfície externa da camada compacta que se desenvolve ao redor da partícula e o meio líquido em que ela está inserida (BORBA, 2001; FURLAN, 2008).

O processo de coagulação é definido como a desestabilização das cargas superficiais de partículas coloidais e em suspensão, provocado pela adição de produtos químicos. A coagulação ocorre geralmente a um potencial zeta que é ainda ligeiramente negativo. Os coagulantes desestabilizam as cargas negativas dos colóides e sólidos em suspensão, reduzindo o potencial zeta a ponto próximo de

zero, ponto isoelétrico, permitindo a aglomeração das partículas e, conseqüentemente, a formação de flocos.

A coagulação tem início assim que o coagulante é adicionado no efluente, ocorrendo sob condições de forte agitação. A mistura rápida é um parâmetro importante nessa etapa, pois dispersa o coagulante rapidamente pela solução a ser tratada (FURLAN, 2008).

A desestabilização das partículas coloidais pode ocorrer através de quatro mecanismos diferentes:

Compressão da camada difusa: Estabelecimento de concentrações elevadas de íons positivos e negativos (força iônica grande) acarretam acréscimo do número de íons na camada difusa, que, para se manter em equilíbrio, tem seu volume reduzido (redução da espessura), de modo tal que as forças de van der Waals sejam dominantes, eliminando a estabilização eletrostática.

Adsorção e neutralização: Este mecanismo é baseado na adição de íons com cargas elétricas opostas às das partículas coloidais, que adsorvem e neutralizam as mesmas. Este mecanismo ocorre quando se utiliza um excesso de dosagem de coagulante, podendo até promover a re-estabilização (reversão da carga elétrica associada à partícula).

Varredura: A Varredura ocorre quando a quantidade adicionada de coagulante é alta, excedendo o limite de solubilidade na água. Nesse caso, ocorre a formação de precipitados formados a partir das reações do coagulante metálico com a alcalinidade da água. Em geral, os flocos obtidos com esse mecanismo são maiores e sedimentam mais facilmente. Ao precipitar, os flocos envolvem as partículas coloidais. É o mecanismo normalmente mais utilizado.

Adsorção e Formação de Pontes: Este mecanismo ocorre por intermédio da utilização de compostos de cadeias longas (polímeros) que, ao serem adsorvidos na superfície das partículas, deixam segmentos livres para serem adsorvidos por outras partículas, formando pontes entre elas (ASSIS, 2006; FRANCO, 2009; FURLAN, 2008; SOARES, 2009; et al., 2005).

Coagulante é o produto químico utilizado na coagulação para desestabilizar as partículas coloidais de modo que possa formar o floco. Floculante é o produto químico, geralmente orgânico, adicionado para acentuar a formação de flocos na floculação.

As condições ótimas para a coagulação e a floculação são determinadas

através de ensaios em Jar Test. Esses testes são realizados a fim de estabelecer os melhores tipos e concentrações de coagulantes, e as condições apropriadas de mistura e taxas de sedimentação.

A sedimentação é uma operação física aplicada para a separação dos flocos coesos formados, com densidade superior à do meio líquido, através da deposição dos mesmos no fundo de tanques devido à ação da gravidade. Dessa separação resulta a formação de dois efluentes: um produto clarificado e um lodo adensado (NUNES, 2008; SILVA, 2009)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 EFLUENTE DE FRIGORÍFICO E MATADOURO DE SUÍNOS

O efluente utilizado no estudo provém de um matadouro e frigorífico de suínos localizado na região oeste do Paraná. Essa indústria abate aproximadamente 6500 animais, produzindo uma vazão de 5200 m³ de efluente por dia.

A Figura 1 apresenta o fluxograma da estação de tratamento de efluente da indústria.

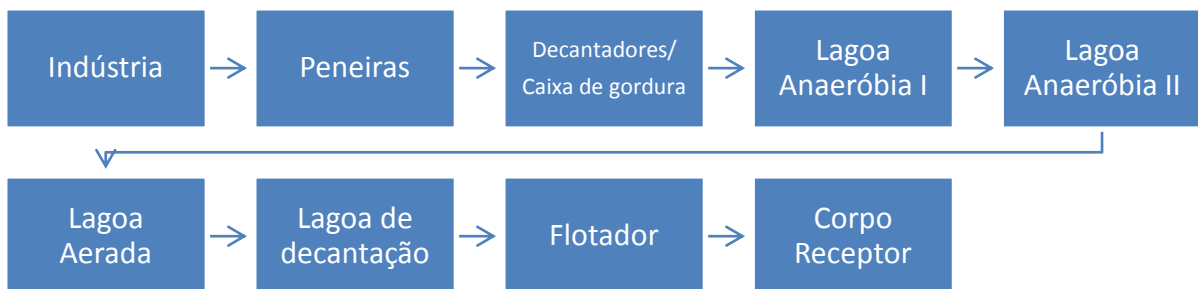


Figura 01 - Fluxograma da estação de tratamento de efluente do frigorífico

O efluente coletado para os ensaios foi obtido na saída dos decantadores/caixas de gordura e caracterizado, e foi armazenado sobre refrigeração, observando os parâmetros apresentados na Tabela 01.

Tabela 01 - Análises físico-químicas para caracterização do efluente

Parâmetro	Unidade	Método	Protocolo APHA (2005)
Turbidez	UNT	Nefelométrico	2130 B
Cor	UC	Espectrometria	2120 B

Os ensaios laboratoriais e análises físico-químicas foram realizados no laboratório de Águas e Efluentes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira.

4.2 COAGULANTE UTILIZADO

O coagulante utilizado foi um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular de origem essencialmente vegetal comercial com densidade igual a $1,053 \text{ g.mL}^{-1}$.

4.3 ENSAIO DO *JAR TEST*

O procedimento realizado foi através do teste conhecido por *JarTest*, que visa à determinação de parâmetros que melhorem o processo de coagulação e floculação.

É um equipamento laboratorial composto de 6 unidades de teste (seis copos tipo béquer). Cada uma destas unidades possui agitação com regulador de velocidade para a mistura rápida (coagulação) ou lenta (floculação).

Nos recipientes do *Jar Test*, foram transferidas 500 mL da amostra do efluente, conforme pode ser observado na Figura 02.

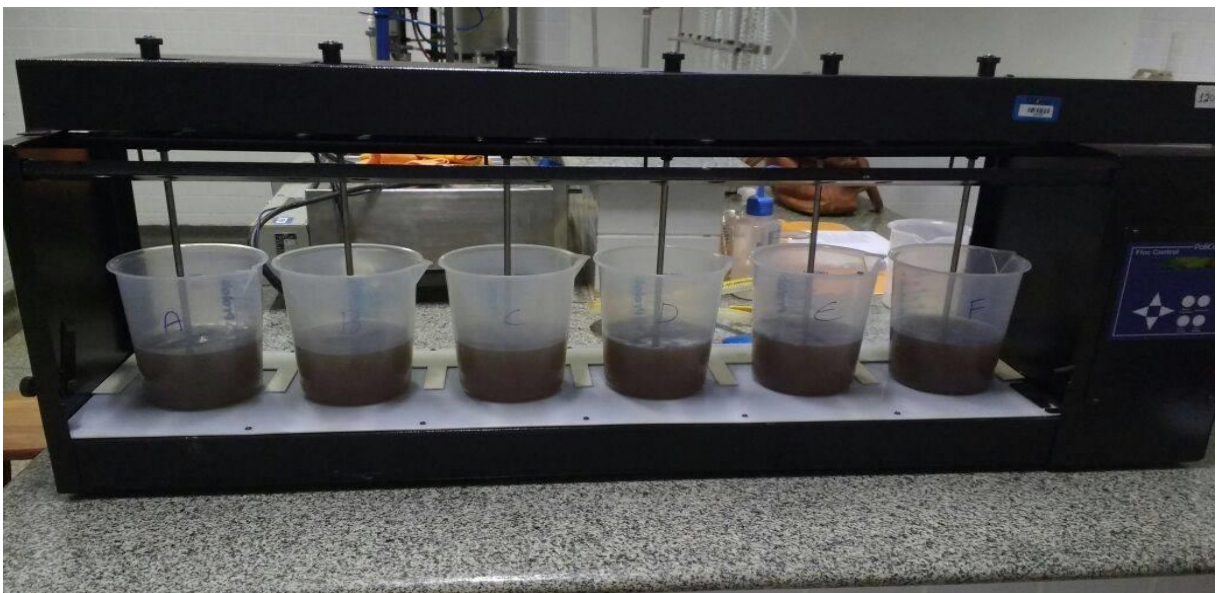


Figura 02 – Sistema *Jar test*

A etapa de agitação rápida (coagulação) foi realizada com agitação de 100 rpm e duração de 30 segundos. Na floculação, a agitação lenta foi de 30 rpm por 15 minutos. Após a floculação, a agitação foi interrompida e a mistura repousa por um tempo de 15 minutos.

Durante o processo de sedimentação há o aparecimento de uma região com o líquido clarificado e outra com alta concentração das partículas sedimentadas, denominada como região com sedimento incompreensível, conforme mostra a Figura 03.

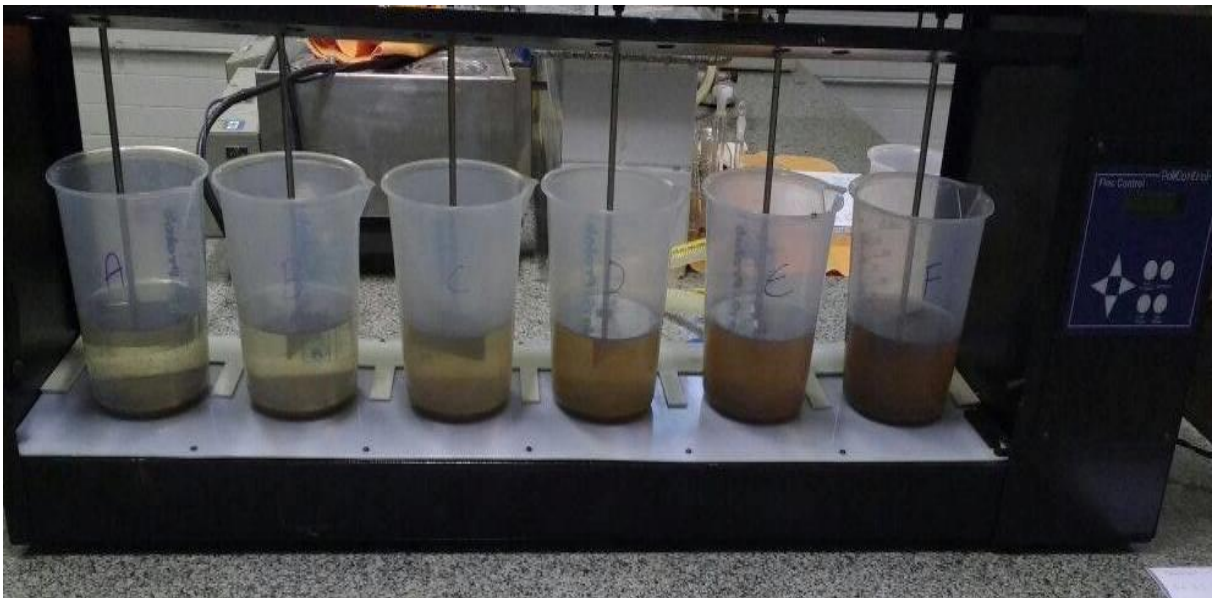


Figura 03 – Processo de sedimentação

4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram aplicados aos efluentes seis diferentes dosagens de coagulante orgânico. As diferentes dosagens estão descritas na Tabela 02.

Tabela 02 – Tratamentos aplicados aos efluentes por diferentes dosagens

Tratamentos	Dosagem (mL)
T1	0,2
T2	0,3
T3	0,4
T4	0,5
T5	0,6
T6	0,7

Como apenas um fator foi variado (dosagens do coagulante) o delineamento estatístico utilizado foi um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC).

Para que ocorra validação estatística foram realizadas três repetições de cada tratamento, para análise estatística, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) e teste Tukey de comparação de médias com 95% de confiança.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COR

Na Tabela 03, estão os resultados de cor, tanto para o efluente bruto quanto para os tratamentos aplicados.

Tabela 03 – Resultados dos tratamentos para o atributo cor

Tratamentos	Repetição 1 (UC)	Repetição 2 (UC)	Repetição 3 (UC)
T1	77	89	82
T2	120	108	100
T3	399	220	235
T4	870	630	413
T5	1080	700	970
T6	1530	1220	1310
Efluente Bruto			1795 UC

Ao analisar a Tabela 03, observa-se que todos os tratamentos tiveram efeitos na remoção de cor quando se compara os valores obtidos no efluente tratado com o efluente bruto.

A Tabela 4 apresenta a análise de variância dos valores de cor obtidos nos tratamentos.

Tabela 04 – Análise de Variância dos valores de cor

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F Calculado	P Valor
Tratamentos	5	3807835	761567	36,288	7,699x10 ⁻⁰⁷
Resíduo	12	251842	20987		
Total	17	4059677			

De acordo com os resultados da ANOVA apresentados na Tabela 04, observa-se que os graus de liberdade para os resíduos é maior que 10, garantido que o número de repetições para cada tratamento utilizado no experimento é adequado.

Analisando o valor P rejeita-se, com 5% de significância, a hipótese nula (H_0), pois se encontra abaixo de 0,05 ($7,699 \times 10^{-07} < 0,05$), ou seja, conclui-se que ao menos um dos tratamentos exerce influência sobre a remoção média de cor.

Na Tabela 05 pode-se observar o teste de comparação de médias de Tukey aplicado aos tratamentos.

Tabela 5 - Teste de Tukey para o atributo cor

Tratamento	Médias (UC)	Comparações
T6	1353,333	a
T5	916,6667	b
T4	637,6667	bc
T3	284,6667	cd
T2	109,3333	d
T1	82,66667	d

Ao analisar a Tabela 05, observa-se que o tratamento que obteve a menor concentração de cor foi o T1 (0,2 mL de coagulante). Entretanto, este tratamento não difere estatisticamente, com 95% de confiança, dos tratamentos T2 e T3.

Em termos práticos, o melhor tratamento a ser escolhido para a remoção de cor foi com a dosagem de 0,2 mL, pois obteve a melhor remoção, com uma menor quantidade de coagulante.

5.2TURBIDEZ

Na Tabela 06, estão os resultados de turbidez, tanto para o efluente bruto como para os tratamentos aplicados.

Tabela 06 – Resultados para turbidez entre os efluentes e tratamentos aplicados

Tratamentos	Repetição 1 (UNT)	Repetição 2 (UNT)	Repetição 3 (UNT)
T1	1,19	1,39	1,49
T2	3,46	2,5	2,17
T3	20,8	9,19	9,59
T4	72,1	42,4	19,9
T5	103	58,7	99,2
T6	119	110	113
Efluente Bruto			273,5 UNT

Ao analisar a Tabela 06, observa-se que todos os tratamentos tiveram efeitos na remoção de turbidez quando se compara os valores obtidos no efluente tratado com o efluente bruto.

A Tabela 07 apresenta a análise de variância dos valores de turbidez obtidos nos tratamentos.

Tabela 07 - ANOVA dos valores de Turbidez

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F Calculado	P Valor
Tratamentos	5	33657	6731,4	29,844	2,259x10 ⁻⁰⁶
Resíduo	12	2707	225,6		
Total	17				

Através da ANOVA apresentada na Tabela 07, observa-se que os graus de liberdade para os resíduos é maior que 10, garantido que o número de repetições para cada tratamento utilizado no experimento é adequado.

Analisando o valor P rejeita-se, com 5% de significância, a hipótese nula (H0), pois encontra-se abaixo de 0,05 ($2,259 \times 10^{-07} < 0,05$), ou seja, conclui-se que ao menos um dos tratamentos exerce influência sobre a remoção média de turbidez.

Na Tabela 08 pode-se observar o teste de comparação de médias de Tukey aplicado aos tratamentos.

Tabela 08 - Teste de Tukey para turbidez

Tratamento	Médias (UNT)	Comparações
T6	114	a
T5	86,96667	a
T4	44,8	b
T3	13,19333	bc
T2	2,71	c
T1	1,356667	c

Ao analisar a Tabela 08, observa-se que o tratamento que obteve a menor concentração de turbidez foi o T1 (0,2 mL de coagulante), entretanto, este tratamento não difere estatisticamente, com 95% de confiança, dos tratamentos T2 e T3.

Em termos práticos, o melhor tratamento a ser escolhido para a remoção de turbidez foi com a dosagem de 0,2 mL, pois obteve a melhor remoção, com uma menor quantidade de coagulante.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atingiu-se o objetivo da pesquisa que foi avaliar o processo de coagulação/flotação de efluente industrial de abatedouro e frigorífico de suínos, através da aplicação de coagulante orgânico.

O estudo pode verificar que o uso do coagulante, sendo ele um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular e de origem essencialmente vegetal, conseguiu demonstrar que em todos os tratamentos houve remoção de cor e turbidez se comparados os valores obtidos nas análises entre o efluente tratado e o bruto.

Observando o teste de comparação de médias, teste de Tukey, verificou-se que mesmo o tratamento 1 não diferindo estatisticamente dos tratamentos 2 e 3 com 95% de confiança, obteve êxito na remoção da cor e da turbidez. Sendo que por base o tratamento 1, em termos práticos, pode-se concluir que com a dosagem 0,2 mL, a menor quantidade de coagulante, foi possível obter com efetividade a melhor remoção dos atributos estudados.

Conseqüentemente, observando os dados obtidos pode-se dizer que maiores quantidades de coagulantes acarretam pouca diminuição nos atributos cor e turbidez se comparados os valores entre o efluente tratado e o efluente bruto.

REFERÊNCIAS

ASSIS, R.S.S.D. **Remoção de Microcystos aeruginosa e Microsistinas por flotação por ar dissolvido – estudo em escala de bancada utilizando sulfato de alumínio e cloreto férrico como coagulantes**. Dissertação (Mestrado em tecnologia Ambiental e Recursos Híbridos), Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2006.

AMBIENTAL online. Artigos sobre meio ambiente. Disponível em: www.ambienteonline.hpg.ig.com.br/home.htm. Acesso em 11 de junho. 2015

Ambiente Brasil – www.ambientebrasil.com.br. Acesso em 11 de junho. 2015

ANDREOLI, C. V. Et. al. **Água**. In: TORRES, P. L. org. **Alguns fios para entretecer o pensar e o agir**. Curitiba: SENAR-PR. 2007. Pg. 391-416.

[Avaliação da eficiência do processo de coagulação/flotação aplicado como tratamento primário de efluente:](#)

[Disponível em File:///C:/Users/Usre/Townloads/EA-2007-54%20\(2\). pty](#) Acessado em 01 de março de 2016.

BRANCO, S. M. **Água e o homem**. In. Hidrologia Ambiental. v. 3, São Paulo: Edusp. 1999.

BATALHA B. L. & PARLATORE A. C. **Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano**. CETESB, 1998.

BORBA, L.R. **Viabilidade do uso da Moringa oleífera Lam no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades**. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental), Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB, 2001.

Cetesb – www.cetesb.sp.gov.br. Acessado em 01 de março de 2016.

DANTAS, L.D.;SALES, C.W.A. **Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reuso da água**. Revista de Gestão Social e Ambiental, São Paulo, v.3, n.3,p.4-19, set/dez.2009.

FREIRE,R.S.;PELEGRINI, R.; KUBOTA, L.T.; DURAN, N.; BERALDA- ZAMORA, P. News ternd for treatmet of industrial effluents containing or ganochlorid especies. Quimica Nova, 2000.

FURLAN, F.R. **Avaliação da eficiência do processo de coagulação- floculação e adsorção no tratamento de efluentes têxteis.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2008.

FAGUNDES, J.M. **Saúde de Trabalhadores em estações de tratamento de água: riscos químicos. Estudo de caso.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2006.

FRANCO, E.F. **Avaliação da influencia dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção de turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo em estações de tratamento de água.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG, 2009.

JAIN, R; SHARMA, N; BHARGAVAM. **Organic Carbonates.** Journal of the indian chemical society, v.81, n.9, p. 765-769, 2004.

JAR-TEST OU TESTE DE JARROS. Disponível em www.licenciamentoambiental.eng.br/jar-test-ou-teste-dd-jarros/ Acessado em 01 de março de 2016

KUNIZ, A ; PERALTA- ZAMORA, P , DE MORAES. **New tendências on textile effluent treatment, Química Nova**, V.25, n.1, p.78-82, 2002.

MACÊDO, Jorge Antonio Barros de. **Águas e Águas.** 2004

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. Reuso de água. Barueri, São Paulo: Manole, 2003.

MUCELIN; Carlos Alberto, Estatística elementar e experimental aplicada. Edição 1966.

MORETTIN, Pedro Alberto, Estatística básica. Edição 1942

NOGUEIRA, P. F. **Falta d'água: A solução vem do céu.** In: HAMMES, V. S. **Agir-Percepção da Gestão Ambiental.** Volume 5. 2ª Ed. São Paulo: Globo, 2004.

PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de frigoríficos - industrialização de carnes (bovina e suína)**. São Paulo: CETESB (Série P + L), 2008.

PALHARES, J. M. **Dominios Morfoclimáticos**. 1ª Ed. Foz do Iguaçu, PR: J. M. Palhares, 2004.

PHILIPPI JR, Arlindo. **Reúso de água: uma tendência que se firma**, 2004.

RICHTER, C. A. & AZEVEDO NETTO J.M. **Tratamento de água**. Editora Edgard Blicher LTDA, 1991.

Sabesp – www.sabesp.com.br. Acessado em 01 de março de 2016

SANTOS, H. F. ; MANCUSO, P. C. S. **A escassez e o reúso de água em âmbito mundial**. In: MANCUSO, P. C. S. SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. 1. Ed. Barueri, SP: Manole, 2003.

SILVA, Danilo José Da. **Manual de orientação para setor industrial**. Programa de conservação e reuso de água, PCRA. 2006.

SOARES, T. F. L. **Remoção da carga orgânica efluente a ETAR de Tolosa por coagulação- floculação química**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente), Universidade de Lisboa. Lisboa, 2009.

TELLES, Dirceu D'Alkimin; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. **Reuso da Água: Conceitos, Teorias e Práticas**: 2 edição. 2010.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 2. Ed. São Paulo: Navegar Editora, 2005.

TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residência**. São Paulo: Navegar Editora. 112p., 2001.

<http://tpqb.eq.ufjf.br/download/reuso-de-efluente-da-industria-sucroalcooleira.pdf>

Acessado em 17 de maio de 2016

VALVERDE, S.R., **Elementos de Gestão ambiental empresarial, Viçosa**, 1ª reimpressão, 2008. Disponível em <http://snatural.com.br/Aquicultura-Cor-Transparencia-Turbidez.html> Acessado em 10 de março de 2016.

VAZ, Luiz Gustavo de Lima et al. **Avaliação da eficiência de diferentes agentes**

coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Revista Eclética Química**. São Paulo. Volume 35, número 4, 2010.

VIEIRA, Sonia, Estatística experimental. Edição 1942.

NUNES, J. F. Estudo da sedimentação gravitaconal de suspensões flocculentas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Uberlândia, MG, 2008.

WEBER, C.C; CYBIS, F.L.; BEAL,L.L. Reúso da água como ferramenta de revitalização de uma estação de tratamento de efluente. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, 2010.