

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

**ANDRÉ HOFFMANN PINTO**

**REMOÇÃO DE TURBIDEZ EM ESGOTO DOMÉSTICO UTILIZANDO  
COAGULANTE ORGÂNICO.**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**MEDIANEIRA**

**2013**

ANDRÉ HOFFMANN PINTO



**TRATAMENTO DE TURBIDEZ EM EFLUENTE UTILIZANDO  
COAGULANTE ORGÂNICO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios – Pólo UAB do Município de Foz do Iguaçu – Pr, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientador(a): Prof. Me. Fábio Orssatto.

MEDIANEIRA

2013



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### TRATAMENTO DE TURBIDEZ EM EFLUENTE UTILIZANDO COAGULANTE ORGÂNICO

Por

**André Hoffmann Pinto**

Esta monografia foi apresentada às 14h30min do dia 03 **de abril de 2014** como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios – Pólo de foz do Iguaçu, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

---

Prof. Me.Fábio Orssato  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(orientador)

---

Profª Drª. Eliane Gomes  
UTFPR – Câmpus Medianeira

---

Profª Drª Fabiana Costa de Araujo Chütz  
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

Dedico a minha família, esposa e filhas as  
quais privei de momentos de lazer para a  
o desenvolver desse trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Há Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

Aos meus pais, pela orientação, dedicação e incentivo nessa fase do curso de pós-graduação e durante toda minha vida.

Há minha esposa Maritssani e filhas, Karoline, Karine, Adryelly e Dalila, as quais tiveram muita paciência e compreensão comigo, pois tive que privá-las de atenção e momentos de lazer devido às horas de dedicação para concluir esse trabalho.

Ao meu orientador e amigo professor Me. *Fábio Orssatto* pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

“Cada dia a natureza produz o suficiente para nossa carência. Se cada um tomasse o que lhe fosse necessário, não havia pobreza no mundo e ninguém morreria de fome.” (MAHATMA GANDHI).

## RESUMO

PINTO, A. H. Remoção de turbidez em esgoto doméstico utilizando coagulante orgânico 2013. 27 folhas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

O presente trabalho teve como objetivo estudar o tratamento de turbidez em efluente proveniente de esgoto doméstico pelo uso de coagulante orgânico a fim de diminuir os níveis de contaminantes que serão lançados no corpo receptor reduzindo o impacto ambiental e aumentando a qualidade de vida da população de Medianeira, PR, Brasil. Para tanto, foram realizados vários ensaios de *jar-test* utilizando efluente de esgoto doméstico em escala de laboratório. Foram testadas diferentes dosagens do coagulante orgânico utilizando efluente proveniente de uma estação de tratamento de esgoto domiciliar. Em seguida, foram estudados os efeitos do coagulante orgânico em relação ao parâmetro turbidez, os resultados encontrados mostraram que o coagulante orgânico foi eficiente, com índices de remoção estatísticos em torno de 76% em média e com 5% de significância e que, para essa remoção, alcançou um percentual de 0,8% de coagulante do volume total.

**Palavras-chave:** Coagulação. *Jar test*. Tratamento.

## ABSTRACT

PINTO, A. H. Turbidity removal in domestic wastewater using organic coagulant. 2013. 27 folhas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

The present work aims to study the treatment of effluent turbidity in domestic wastewater by using organic coagulant to reduce the levels of contaminants that will be launched in the receiving body reducing environmental impact and increasing the quality of life of population of Medianeira, PR, Brazil. To this end, several test-jar test using domestic sewage effluent on a laboratory scale were performed. Different organic coagulant dosages were tested using effluent from a treatment plant for sewage treatment. Then, the organic coagulant effects in relation to the turbidity were studied parameter, the results showed that the organic coagulant was efficient removal statistical indexes with around 76% on average and 5% significance and that, for this removal, one percentage reached 0.8% of the total volume of a coagulant.

**Keywords:** Coagulation. Jar test. Treatment.



## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Resultados dos testes laboratoriais, repetições / tratamento, quantidade de coagulante aplicado..... | 20 |
| Tabela 2: Resultados de eficiência de remoção de turbidez do coagulante orgânico.....                          | 21 |
| Tabela 3: Estatística Descritiva das Amostras do Experimento.....  | 21 |
| Tabela 4. Análise de variância - ANOVA do conjunto de dados.....   | 23 |
| Tabela 5. Resultados do teste de Tukey para a variável resposta.....   | 24 |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                              | <b>11</b> |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                   | <b>12</b> |
| 2.1 CONCEITO DE ESGOTO .....                           | 12        |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO .....                    | 12        |
| 2.2.1 Características Físicas .....                    | 13        |
| 2.2.2 Características Químicas .....                   | 14        |
| 2.2.3 Características Biológicas .....                 | 14        |
| 2.3 IMPACTOS CAUSADOS PELO LANÇAMENTO DO EFLUENTE..... | 15        |
| 2.3.1 Tratamento de Esgoto por Coagulação.....         | 16        |
| <b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>              | <b>16</b> |
| 3.1 LOCAL DA PESQUISA .....                            | 17        |
| 3.2 ENSAIO DE <i>JAR TEST</i> .....                    | 17        |
| 3.3 TIPO DE PESQUISA .....                             | 18        |
| 3.4 ANÁLISE DOS DADOS .....                            | 18        |
| 3.4.1 Delineamento Experimental .....                  | 18        |
| 3.4.2 Conceito da Análise de Variância (ANOVA).....    | 19        |
| 3.4.3 Teste de Comparação de Médias.....               | 19        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                  | <b>20</b> |
| 4.1 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO .....                        | 20        |
| 4.2 ANÁLISE DE ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....             | 21        |
| 4.3 ANÁLISE DE VARIÂNCIA .....                         | 22        |
| 4.4 TESTE DE TUKEY.....                                | 23        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                    | <b>24</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                | <b>26</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a ABNT, NBR 9648 (1986), “esgoto sanitário é o despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição parasitária”. Ainda segundo a mesma norma, esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas; esgoto industrial é o despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos; água de infiltração é toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações; contribuição pluvial parasitária é a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário.

Quando os esgotos não são coletados em redes ou adequadamente tratados nas estações de tratamento de efluentes (ETEs), ficando expostos ou lançados em estado bruto nos cursos d’água, podem gerar uma série de problemas, entre os quais: O estético que consiste na aparência desagradável do esgoto bruto correndo a céu aberto pelas ruas, servindo de criadouro de mosquitos, fonte de doenças e atrapalhando o trânsito das pessoas, doenças, estas são o que de pior os esgotos sem tratamento podem apresentar e, entre elas, pode-se citar: Disenterias, leptospirose, dengue, varíola, amebíase, boubá, tétano, difteria, ascaridíase e outras, os odores que acontecem quando o esgoto doméstico fica retido por algum tempo, gerando odores desagradáveis, por conta de gases como o sulfídrico e outros (UFRRJ).

O tratamento dos esgotos domésticos tem como objetivo, principalmente: remover o material sólido; reduzir a demanda bioquímica de oxigênio; exterminar micro-organismos patogênicos; reduzir as substâncias químicas indesejáveis. As diversas unidades da estação convencional podem ser agrupadas em função das eficiências dos tratamentos que proporciona.

Esse trabalho teve como objetivo estudar o tratamento de turbidez em efluente proveniente de esgoto doméstico pelo uso de coagulante orgânico a fim de diminuir os níveis de contaminantes que serão lançados no corpo receptor reduzindo o impacto ambiental melhorando a qualidade de vida da população ainda fornecer dados para que comprovem a eficiência do coagulante orgânico na remoção de turbidez.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Sustentabilidade é um termo usado para definir ações e atividades humanas que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações, ou seja, o equilíbrio sustentável está diretamente relacionado ao desenvolvimento socioeconômico sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro. Seguindo estes parâmetros, a humanidade pode garantir o desenvolvimento sustentável.

Segundo Sperling (1996, v.1, p.170) “Tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros, enquanto o tratamento primário visa à remoção dos sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Em ambos predominam os mecanismos físicos de remoção de poluentes. Já no tratamento secundário, no qual predominam mecanismos biológicos, o objetivo é principalmente a remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes como nitrogênio e fósforo. O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário. O tratamento terciário é bastante raro no Brasil.”

### 2.1 CONCEITO DE ESGOTO

O esgoto doméstico é aquele que provem principalmente de residências, estabelecimentos comerciais, instituições ou quaisquer edificações que dispõe de instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas. Compõem-se essencialmente da água de banho, excretas, papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem. De acordo com Jordão e Pessoa (1995), “a palavra esgoto costumava ser usada para definir tanto a tubulação condutora das águas servidas de uma comunidade, como também o próprio líquido que flui por estas canalizações”.

### 2.2 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO

Segundo Jordão e Pessoa (1995), os esgotos costumam ser classificados em dois grupos principais: os esgotos sanitários e os industriais. Os primeiros são

constituídos essencialmente de despejos domésticos, uma parcela de águas pluviais, água de infiltração, e eventualmente uma parcela não significativa de despejos industriais, tendo características bem definidas.

### 2.2.1 Características Físicas

As principais características físicas ligadas aos esgotos domésticos são: matéria sólida, temperatura, odor, cor e turbidez e variação de vazão.

a) matéria sólida: Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água, e apenas 0,1% de sólidos. É devido a esse percentual de 0,1% de sólidos que ocorrem os problemas de poluição das águas, trazendo a necessidade de se tratar os esgotos;

b) temperatura: a temperatura do esgoto é, em geral, pouco superior às das águas de abastecimento. A velocidade de decomposição do esgoto é proporcional ao aumento da temperatura;

c) odor: os odores característicos do esgoto são causados pelos gases formados no processo de decomposição, assim o odor de mofo, típico do esgoto fresco é razoavelmente suportável e o odor de ovo podre, insuportável, é típico do esgoto velho ou séptico, em virtude da presença de gás sulfídrico;

d) cor e turbidez: a cor e turbidez indicam de imediato o estado de decomposição do esgoto. A tonalidade acinzentada acompanhada de alguma turbidez é típica do esgoto fresco e a cor preta é típica do esgoto velho; (FUNASA).

Os esgotos domésticos e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas. Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas (CETESB, 2013).

e) variação de vazão: A variação de vazão do efluente de um sistema de esgoto doméstico é em função dos costumes dos habitantes. A vazão doméstica do esgoto é calculada em função do consumo médio diário de água de um indivíduo. Estima-se que para cada 100 litros de água consumida, são lançados aproximadamente 80 litros de esgoto na rede coletora, ou seja, 80%. (JORDÃO e PESSOA, 1995).

### 2.2.2 Características Químicas

As principais características químicas dos esgotos domésticos são: matéria orgânica e matéria inorgânica.

a) matéria orgânica: cerca de 70% dos sólidos no esgoto são de origem orgânica, geralmente esses compostos orgânicos são uma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio, e algumas vezes com nitrogênio.

Os grupos de substâncias orgânicas nos esgotos são constituídos por compostos de proteínas (40% a 60%), carboidratos (25% a 50%), gorduras e Óleos (10%) e ureia, sulfatos, fenóis, etc.

As proteínas: são produtoras de nitrogênio e contém carbono, hidrogênio, oxigênio, algumas vezes fósforos, enxofre e ferro. As proteínas são o principal constituinte de organismo animal, mas ocorrem também em plantas. O gás sulfídrico presente nos esgotos é proveniente do enxofre fornecido pelas proteínas;

Os Carboidratos: contém carbono, hidrogênio e oxigênio. São as principais substâncias a serem destruídas pelas bactérias, com a produção de ácidos orgânicos, (por esta razão os esgotos velhos apresentam maior acidez);

Gordura: É o mesmo que matéria graxa e Óleos provem geralmente do esgoto doméstico graças ao uso de manteiga, Óleos vegetais, da carne, etc.

Os sulfatos; são constituídos por moléculas orgânicas com a propriedade de formar espuma no corpo receptor ou na estação de tratamento de esgoto;

Os Fenóis: são compostos orgânicos originados em despejos industriais.

b) matéria inorgânica: Nos esgotos É formada principalmente pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas. (JORDÃO; PESSOA, 1995).

### 2.2.3 Características Biológicas

As principais características biológicas do esgoto doméstico são: micro-organismos de águas residuais e indicadores de poluição.

a) micro-organismos de águas residuais:

Os principais organismos encontrados nos esgotos são: as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus e as algas.

Deste grupo as bactérias são as mais importantes, pois são responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica, tanto na natureza como nas estações de tratamento.

b) indicadores de poluição:

Há vários organismos cuja presença num corpo d'água indica uma forma qualquer de poluição. Para indicar, no entanto a poluição de origem humana usa-se adotar os organismos do grupo coliforme como indicadores. (JORDÃO; PESSOA, 1995)

As bactérias coliformes são típicas do intestino do homem e de outros animais de sangue quente (mamíferos) e por estarem presentes nas fezes humanas (100 a 400 bilhões de coliformes/hab.dia) e de simples determinação, são adotadas como referência para indicar e medir a grandeza da poluição. Seria por demais trabalhoso e antieconômico se realizar análises para determinar a presença de patogênicos no esgoto; ao invés disto se determina a presença de coliformes e, por segurança, se age como se os patogênicos também estivessem presente. (JORDÃO; PESSOA, 1995).

### 2.3 IMPACTOS CAUSADOS PELO LANÇAMENTO DO EFLUENTE

Segundo Sperling, (1996, p 141). “Um dos mais importantes aspectos de poluição das águas é aquele relacionado com o fator higiênico, associado às doenças de veiculação hídrica”....

Ainda, “Um corpo d'água receptor do lançamento de esgotos pode incorporar a si toda uma ampla gama de agentes transmissores de doenças. Este fato não gera um impacto á biota do corpo d'água em si, mas afeta alguns dos usos preponderantes a ele destinados, tais como abastecimento de água potável e balneabilidade”.

O lançamento indiscriminado dos esgotos nos corpos d'água, sem tratamento, pode causar vários inconvenientes, que se apresentam com maior ou menor importância, de acordo com o s efeitos adversos que podem causar aos usos benéficos das águas. Assim a poluição causada aos corpos d'águas pelo lançamento de esgotos sem tratamento, ou apenas parcialmente tratados, é função das alterações da qualidade ocasionadas no corpo receptor, e das implicações relativas ás limitações aos usos da água. (JORDÃO; PESSOA, 1995, p.7).

### 2.3.1 Tratamento de Esgoto por Coagulação

O sulfato de alumínio destaca-se como o coagulante mais utilizado no Brasil no tratamento de água de abastecimento público, em razão da alta eficiência na remoção de sólidos em suspensão e pelo relativamente baixo custo de sua aquisição. No entanto, seu uso pode tornar-se inviável, em termos econômicos, para a utilização no tratamento de águas de áreas mais afastadas, em decorrência ao alto custo nos transportes. Outro problema relacionado ao uso do sulfato de alumínio é o lodo gerado no tratamento de água para uso potável. Após o sal ser solubilizado, o cátion  $Al^{3+}$  será adsorvido no material sólido em suspensão, proporcionando em razão de um fenômeno físico-químico, a formação de flocos que se sedimentaram no tanque, proporcionando a clarificação da água em tratamento. O material sedimentado é, por esta razão, muito rico em alumínio, o que dificulta a disposição final deste material no meio ambiente ( ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental).

De acordo com Martyn *et al* (1989) citado por Lo Monaco *et al* (2010,v.5,n.3), elevadas concentrações de alumínio do meio podem ocasionar problemas à saúde humana, inclusive acelerando o processo degenerativo do mal de Alzheimer.

Além disso, a utilização de sais de alumínio proporciona consumo de alcalinidade da água em tratamento, acarretando custos adicionais com produtos químicos utilizados na correção de seu pH (SILVA *et al*,2007).

A utilização de coagulantes naturais, de baixo custo financeiro, pode proporcionar atenuações nos problemas ligados ao consumo da água não potável e despejos de águas residuárias, sem tratamento, em corpos hídricos receptores. Além disso, de acordo com Matos (2004) citado por Lo Monaco *et al* (2010,v.5,n.3), os coagulantes/floculantes naturais têm demonstrados vantagens em relação aos químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais.

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O coagulante adicionado à água produz flóculos, no entanto é necessário aumentar seu volume, seu peso e, sobretudo sua coesão. O espessamento do



flóculo é auxiliado por meio de uma difusão rápida e completa de coagulante, no momento da sua aplicação (agitação enérgica, porém de curta duração), seguida por uma agitação homogênea e lenta do conjunto com o fim de aumentar as possibilidades para que as partículas coloidais neutras se encontrem com as partículas do flóculo. O coagulante experimentado é um coagulante orgânico, porém sua composição é guardada por segurança industrial assim não sabendo sua real composição. O parâmetro analisado foi o de turbidez.

### 3.1 LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada na cidade de Medianeira situada a oeste do estado do Paraná, Brasil nos laboratórios da universidade tecnológica federal do Paraná - UTFPR.

### 3.2 ENSAIO DE *JAR TEST*

Para determinar a eficiência do tratamento, analisou-se o efluente “IN-NATURA” e o efluente tratado. Foram coletadas amostras em uma ETE do município do em questão. O parâmetro analisado foi turbidez das amostras. Para analisar as amostras coletadas tanto de efluente bruto quanto as tratadas com as diversas dosagens de coagulante, utilizou-se o turbidímetro portátil modelo AP2000, marca policontrol.

Foi adicionado 1/2 litro da amostra de efluente com o auxílio de uma proveta, a cada um dos 4 copos béquer de 2 L. Juntou-se a cada amostra simultaneamente dosagens iguais de coagulante orgânico, que foram analisadas. As amostras ficaram sob agitação durante 5 minutos a 200 rpm para coagulação, e em seguida baixou-se a velocidade para 50 rpm por mais 5 minutos para floculação. Desligaram-se os agitadores após 10 minutos de agitação e deixou-se decantar por 5 minutos. Foram repetidas estes testes por quatro vezes com dosagens de 3 mL, 4 mL, 5 mL e 6 mL de coagulante, cada dosagem foi feita em 4 béqueres simultâneos para ter valores de referências para as análises estatísticas.

A figura 1 representa uma das análises feitas em laboratório com o *jar test*.



**Figura 1. Procedimento de jar test com dosagem de coagulante orgânico em efluente.**

### 3.3 TIPO DE PESQUISA

Segundo Gil (2010, p.26) citado por (BORTOLI, 2012), “uma das maneiras mais tradicionais de classificação das pesquisas é a que estabelece duas grandes categorias, denominadas de pesquisa básica e pesquisa aplicada”.

Esta pesquisa se enquadra na classificação de pesquisa aplicada, pois visa abranger estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas identificados no âmbito das sociedades em que os pesquisadores vivem. Ou seja, objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos.

### 3.4 ANÁLISE DOS DADOS

#### 3.4.1 Delineamento Experimental

Delineamento experimental é o componente da estatística experimental que trata do planejamento amostral e da estrutura dos experimentos, além da definição do procedimento das ações para a execução deste experimento.

De acordo com Kronka (2012), é o plano utilizado para realizar o experimento. Esse plano implica na maneira como os diferentes tratamentos deverão ser distribuídos nas parcelas experimentais e como serão analisados os dados a serem obtidos.

Para Parnosso e Malleiros (2013), o delineamento experimental ou desenho experimental, de uma forma bastante simples, é a forma em que os tratamentos (níveis de um fator ou combinações de níveis de fatores) são atribuídos às unidades experimentais. Neste trabalho o delineamento experimental utilizado foi o experimento inteiramente casualizado (DIC).

### 3.4.2 Conceito da Análise de Variância (ANOVA)

A análise de variância – ANOVA, é um teste estatístico amplamente difundido entre pesquisadores e visa, fundamentalmente, verificar se existe uma diferença significativa entre as médias dos tratamentos e se estes fatores exercem influência em alguma variável dependente. A expressão “diferença significativa” deve ser entendida como uma diferença que expressa com clareza, ou seja, que contém expressiva revelação (MUCELIN, 2006).

Segundo Mucelin (2006, p. 145), “A principal aplicação da ANOVA é a comparação de médias oriundas de grupos diferentes, também chamados tratamentos...”. Neste trabalho usou-se a análise de variância com nível de 5% de significância.

### 3.4.3 Teste de Comparação de Médias

Após a análise de variância, que permite ao pesquisador concluir se existe ou não diferença significativa entre as médias dos tratamentos de um experimento em estudo, o mesmo poderá fazer uso de testes de comparação de médias que indicarão ou confirmarão a diferença ou igualdade de médias entre tais tratamentos.

Os testes de comparação de médias têm por objetivo verificar se as diferenças entre as médias dos tratamentos em estudo possuem diferença significativa a determinado nível de significância. A lógica dos testes de comparação de médias consiste em estabelecer a diferença absoluta entre médias e compará-la com um valor determinado por um método específico adotado, comumente determinado diferença mínima significante – dms. Como decisão, toda vez que o valor absoluto da diferença entre duas médias seja maior ou igual à diferença mínima significante, significa que as médias são consideradas estatisticamente diferentes ao nível de significância adotado (MUCELIN, 2006).

Segundo Mucelin (2006, p 181), “Não existe consenso entre os pesquisadores e estudiosos sobre qual o melhor teste de comparação de médias. Entretanto, determinados testes como o teste de comparação de médias de Tukey ou teste de Fisher são comumente usados em pesquisas, por estarem disponíveis nos pacotes estatísticos computacionais”. Foram realizadas as análises estatísticas de mínimo e máximo, média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação. O teste utilizado neste trabalho foi o de Tukey com 5% de significância. Para analisar esses dados foi utilizado o Software Livre R de aplicação estatística.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos testes realizados em laboratório obtiveram-se os seguintes resultados das leituras do turbidímetro, tendo com referência o esgoto IN NATURA contendo 777 unidades nefolométrica de turbidez (UNT), conforme a Tabela 1.

**Tabela 1. Resultados dos testes laboratoriais, repetições / tratamento, quantidade de coagulante aplicado.**

| Repetições /<br>tratamentos | <i>Jar test 1</i> | <i>Jar test 2</i> | <i>Jar test 3</i> | <i>Jar test 4</i> |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 3 mL                        | 235 UNT           | 241 UNT           | 193 UNT           | 190 UNT           |
| 4 mL                        | 174 UNT           | 188 UNT           | 205 UNT           | 198 UNT           |
| 5 mL                        | 171 UNT           | 146 UNT           | 167 UNT           | 176 UNT           |
| 6 mL                        | 186 UNT           | 167 UNT           | 169 UNT           | 174 UNT           |

##### 4.1 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO

Comparando com o esgoto bruto que possui 777 UNT, as análises tiveram os seguintes resultados quanto à eficiência do coagulante, conforme Tabela 2.

**Tabela 2. Resultados de eficiência de remoção de turbidez do coagulante orgânico.**

|      | <i>Jar test 1</i> | <i>Jar test 2</i> | <i>Jar test 3</i> | <i>Jar test 4</i> |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 3 mL | 69,75%            | 69,00%            | 75,16%            | 75,54%            |
| 4 mL | 77,60%            | 75,80%            | 73,61%            | 74,51%            |
| 5 mL | 78,00%            | 81,20%            | 78,50%            | 77,35%            |
| 6 mL | 76,06%            | 78,50%            | 78,24%            | 77,60%            |

Observando-se a tabela 2 verifica-se que as dosagens apresentaram valores diferentes de eficiência de remoção de turbidez com um valor mínimo de remoção encontrado no *jar test 1* com 3 mL de coagulante e o Máximo no *jar test 2* com 5 mL de coagulante, no restante ocorreram valores muito aproximados no percentual de remoção e com a maior dosagem em questão as variáveis de remoção mantiveram um valor aproximado não diferente das demais dosagens.

#### 4.2 ANÁLISE DE ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Em análise de estatística descritiva, para as amostras, obtiveram-se os seguintes resultados conforme a Tabela 3.

**Tabela 3. Estatística Descritiva das Amostras do Experimento.**

| <b>Mínimo</b> | <b>Maximo</b> | <b>1ºquartil</b> | <b>3º quartil</b> | <b>Media</b> | <b>Medina</b> | <b>DP*</b> | <b>CV**</b> |
|---------------|---------------|------------------|-------------------|--------------|---------------|------------|-------------|
| 69,00         | 81,20         | 75,00            | 78,06             | 76,03        | 76,70         | 3,1879     | 4,1932      |

\*D.P.: Desvio Padrão; \*\*C.V.: Coeficiente de Variação (%)

A mínima remoção encontrada foi de 69,00 com 3mL de coagulante.

A máxima remoção encontrada foi de 81,20 com 5mL de coagulante para a segunda repetição de teste.

A média amostral calculada para eficiência de remoção foi de 76,03.

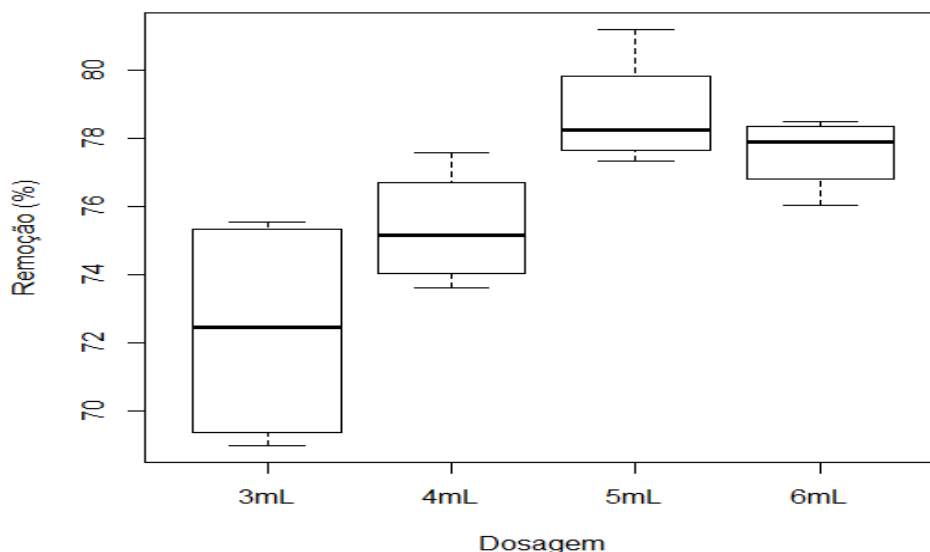
O 1º Quartil é de 75,00, o que corresponde que 25% dos valores de remoção encontram-se abaixo desse valor e o 3º Quartil é igual a 78,06, ou seja, 25% dos valores são maiores que este.

A mediana foi de 76,03 indicando que 50% da eficiência de remoção está acima desse valor e a outra metade abaixo.

O desvio padrão amostral calculado para a amostra é de 3,1879.

O coeficiente de variação calculado para a amostra é 4,1932%.

A Figura 2 apresenta o gráfico *Bloxplot* para as quatro variáveis em estudo.



**Figura 2. Gráfico Bloxplot para os tratamentos em relação à variável remoção.**

Observa-se através dos gráficos que as dosagens apresentam remoções diferentes entre si e que a dosagem de 5 mL foi a que demonstrou maior remoção.

Também se pode observar que, analisando individualmente cada gráfico, as variedades não apresentam pontos discrepantes em seus conjuntos de dados.

#### 4.3 ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Para a análise de variância formulou-se as seguintes hipóteses:

- H0: As eficiências de remoção das diferentes dosagens de coagulante são iguais entre si;

- H1: As eficiências de remoção das diferentes dosagens de coagulante não são iguais entre si;

A Tabela 4 apresenta a ANOVA do conjunto de dados.

**Tabela 4. Análise de variância - ANOVA do conjunto de dados.**

| Fonte de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | F calculado | P valor  |
|-------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------|----------|
| Variedade         | 2                  | 95,218             | 31,739         | 6,6555      | 0,006755 |
| residuo           | 12                 | 57,227             | 4,769          |             |          |
| Total             | 15                 | 152,445            |                |             |          |

Através da ANOVA, observa-se que o grau de liberdade total para os resíduos é maior que 10, garantido que o número de repetições para cada tratamento utilizado no experimento é adequado.

Comparando o valor F calculado (6,6555) com o F tabelado (3,89) rejeita-se, com 5% de significância, a hipótese nula ( $H_0$ ), ou seja, conclui-se que ao menos uma das dosagens de coagulante exerce influência sobre eficiência média de remoção.

O P valor corrobora com a conclusão obtida com o valor de F, pois se encontra abaixo de 0,05 ( $0,006755 < 0,05$ ) indicando que a 5% de significância ao menos um dos tratamentos é diferente em média.

#### 4.4 TESTE DE TUKEY

De acordo com Oliveira (2008), o teste de Tukey, baseado na amplitude total estudentizada ("studentized range", em inglês) pode ser utilizado para comparar todo e qualquer contraste entre duas médias de tratamentos. O teste é exato e de uso muito simples quando o número de repetições é o mesmo para todos os tratamentos.

No caso de serem diferentes os números de repetições o teste de Tukey pode ainda ser usado, mas então é apenas aproximado (PIMENTEL GOMES, 2000).

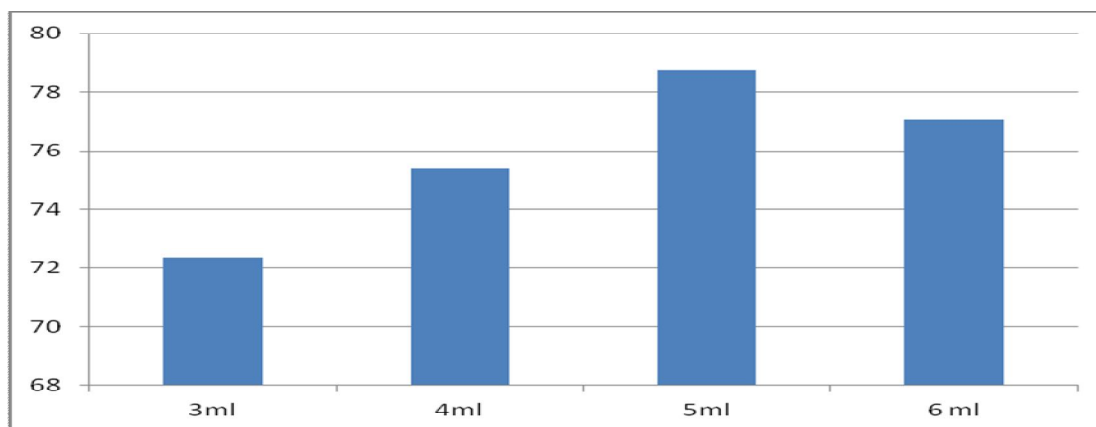
A Tabela 5 traz o resultado do teste de comparação de médias de Tukey com 5% de probabilidade para a variável resposta eficiência de remoção.

**Tabela 5. Resultados do teste de Tukey para a variável resposta.**

| Tratamento | Médias | Comparações |
|------------|--------|-------------|
| 3 mL       | 72,36  | b           |
| 4 mL       | 75,38  | ab          |
| 5 mL       | 78,76  | a           |
| 6 mL       | 77,06  | a           |

Pode-se observar na Tabela 5 que a quantidade de 5 mL de coagulante apresenta a maior eficiência de remoção média e igual estatisticamente, com 5% de significância, dos tratamentos com 6 mL e 4 mL e diferente do tratamento com 3 mL.

Os tratamentos com 4 mL e 3 mL apresentaram média de eficiência de remoção estatisticamente similares entre si mas o tratamento com 3 mL difere dos tratamentos com 5 mL e 6 mL. Essas informações são representadas graficamente na Figura 3.



**Figura 3. Teste Tukey de comparação de médias para a variável resposta eficiência de remoção.**

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em conta o tema sustentabilidade conclui-se que o coagulante orgânico propõe uma solução ambientalmente correta, pois se trata de um produto biodegradável, sem toxicidade para o meio.

Sobre os resultados encontrados em relação à remoção do parâmetro turbidez, o coagulante orgânico mostrou-se eficiente com índices de remoção estatísticos em torno de 76% em média e com 5% de significância o que nos mostra



que, economicamente, a dosagem recomendada é de 4 ml do coagulante para um total de 500ml a ser tratado, mesmo com a dosagem de 5ml ser a que mais removeu, pois estas não diferem-se entre si, para essa situação podemos concluir que para tratar o parâmetro turbidez em um volume de esgoto doméstico é necessário 0,8% desse volume de entrada de coagulante orgânico para alcançar 76% em média de remoção de turbidez.

## REFERÊNCIAS

ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Avaliação do emprego de sulfato de alumínio e do cloreto férrico na coagulação de águas naturais de turbidez média e cor elevada.** Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/turbidez.pdf>. Acessado em 22/12/2013. Acessado em: 22/12/2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.648: **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro: abnt, 1986.

BORTOLI, Marlene m. assunto. Material didático disciplina de metodologia da pesquisa. EaD, UTFPR, campus medianeira. 2012.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Manual de normas técnicas;** Disponível Em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/normas-cetesb/43-normas-tecnicas-cetesb>>. Acessado em 15 de janeiro de 2014.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – MINISTÉRIO DA SAÚDE; Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/eng\\_saneam2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/eng_saneam2.pdf) %E2%80%8E. Acessado em 22/12/2013.

JORDÃO, Eduardo P.; PESSÔA, Constantino A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 3 ed, Rio de Janeiro: ABES,1995.

KRONKA, S.; **Estatística experimental.** Apostila do Curso Planejamento e instalação de experimentos. 52º Congresso Brasileiro de Olericultura. Salvador, 2012. Disponível em: [http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev\\_1/MINI01.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/MINI01.pdf). Acessado em 15 de janeiro de 2014.

LO MONACO, Paola A. V.; MATOS, Antonio T. de.; RIBEIRO, Ivan C. A.; NASCIMENTO, Felipe S.; SARMENTO, Antover P. **Utilização de extratos de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias.** *Ambi- água*, Taubaté, v.5,n.3, p.222-231, 2010. Disponível em: [www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/785](http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/785), acesso em 20 de janeiro 2014.

MUCELIN, Carlos A.; **Estatística elementar e experimental aplicada às tecnologias**. 2ª ed, medianeira – Pr: VALERIO, 2006.

OLIVEIRA, A.F.G. Testes estatísticos para comparação de médias. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n. 6, p.777-788, 2008.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14ª ed. Piracicaba – SP: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

SPERLING, Marcos V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ed, Belo horizonte: Departamento de engenharia sanitária e ambiental, universidade federal de Minas gerais, 1996.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ; Disponível em: [www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/mma13.htm](http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/mma13.htm). Acessado em 22/12/2013.