

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MARIANA LUPO FALCHI**

**ANÁLISE DA FITOTOXICIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA DE UM  
FRIGORÍFICO DE SUÍNOS**

**MEDIANEIRA**

**2022**

**MARIANA LUPO FALCHI**

**ANÁLISE DA FITOTOXICIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA DE UM  
FRIGORÍFICO DE SUÍNOS**

**Analysis of the phytotoxicity of treated wastewater from a slaughterhouse**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Fábio Orssatto.

**MEDIANEIRA**

**2022**



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

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

**MARIANA LUPO FALCHI**

**ANÁLISE DA FITOTOXICIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA DE UM  
FRIGORÍFICO DE SUÍNOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação/  
Especialização apresentado como requisito para  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 24/novembro/2022

---

Márcia Antonia Bartolomeu Agustini  
Doutorado em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Giovana Clarice Poggere  
Pós-Doutorado em Ciência Agrárias  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**MEDIANEIRA**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por ter me dado força e graça para mais essa realização.

À minha família que sempre me deu apoio e incentivo e que sempre entenderam minha ausência. Obrigada por serem meu esteio, sendo presentes mesmo distantes, eu os amo verdadeiramente.

Aos meus amigos que se tornaram irmãos durante esses anos e que me ajudaram e foram meus maiores e melhores companheiros. Sendo assim meu muito obrigada por todos os momentos, risadas, choros, conselhos, vocês tornaram essa trajetória mais leve.

Agradeço ao meu orientador Fábio Orsatto pela confiança e orientação neste trabalho.

## RESUMO

Atualmente a preocupação com os recursos finitos vem ganhando destaque principalmente na indústria de frigoríficos, ao qual tem-se um alto consumo de água e gera uma significativa demanda de tratamento de efluente gerados. Este estudo avaliou os efeitos fitotóxicos do efluente após o tratamento biológico e final de um abatedouro de suínos em semente de alface e determinou as correlações entre as características físico-químicas do efluente e a germinação de semente utilizada como bioindicador para estudo da qualidade da água. Os parâmetros físico-químicos pH, turbidez, condutividade elétrica e sólidos sedimentáveis foram caracterizados para ambos os efluentes e sua fitotoxicidade determinada através do número de sementes germinadas (SG), índice de germinação (IG) e comprimento de raiz (ICR). A amostra 01 obteve resultados satisfatórios na solução de 20%, com parâmetros físico-químicos adequados. Para a amostra 02 indicou-se leve inibição com 75% de índice de germinação (IG) na concentração de 20% entretanto não apresentou efeito significativo no desenvolvimento das plântulas e crescimento relativo da radícula. Em relação aos padrões físico-químicos apenas o pH apresentou parâmetro adequado, os sólidos sedimentáveis e a turbidez obtiveram altos valores. A condutividade elétrica apresentou alteração em fator de adição do coagulante a base de cloreto férrico. Entretanto para efeitos a longo prazo é necessário a avaliação com uma variável temporal maior.

**Palavras-chave:** toxicidade; germinação; efluente.

## ABSTRACT

Currently, the concern with finite resources has been gaining prominence mainly in the slaughterhouse industry, which has a high consumption of water and then generates a significant demand for the treatment of generated wastewater. This study evaluated the phytotoxic effects of the wastewater after the biological and final treatment of a swine slaughterhouse in lettuce seed and determined the correlations between the physical-chemical characteristics of the effluent and the germination of the seed used as a bioindicator for the study of water quality. The physical-chemical parameters pH, turbidity, electrical conductivity, and sedimentable solids were characterized for both effluents and their phytotoxicity was determined through the number of germinated seeds (SG), germination index (GI), and root length (ICR). The effluent after the biological treatment obtained satisfactory results in the 20% solution, with adequate physical-chemical parameters. For the final effluent sample, a slight inhibition was indicated in the germination index (GI) at a concentration of 20%. However, it did not present a significant effect on seed development and relative growth of the radicle. About the physical-chemical standards, only the pH presented an adequate parameter, sedimentable solids, and turbidity obtained high values. Electrical conductivity presented high values in factor the addition of the coagulant based on ferric chloride. However, for long-term effects, it is necessary to evaluate with a longer time variable.

**Keywords:** toxicity; germination; wastewater.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetros físico-químicos analisados na amostra. ....	16
Tabela 2- Resultados físico-químicos .....	21
Tabela 3-Valores do índice de crescimento relativo (ICR) para as amostras avaliadas .....	27
Tabela 4-Valores do índice de germinação (IG) em percentual para as amostras avaliadas .....	27

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- pHmetro de bancada.....	17
Figura 2-Conduvímímetro de bancada .....	17
Figura 5- Caixa Gerbox com sementes.....	19

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-Germinação média diária na concentração de 100% do efluente para amostras 1 e 2 e para o tratamento controle.....	22
Gráfico 2-Comparação do tempo de germinação do controle com a amostra 01. ....	23
Gráfico 3-Comparação do tempo de germinação do controle com a amostra 02. ....	24
Gráfico 4-Comprimento médio do hipocótilo para cada concentração das amostras testadas omparadas ao controle. ....	25

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVO</b> .....	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
3.1 EFLUENTE DE ABATEDOURO .....	13
3.2 TOXICIDADE.....	14
3.3 <i>LACTUCA SATIVA</i> .....	15
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>16</b>
4.1 AMOSTRA DE EFLUENTE PARA O EXPERIMENTO .....	16
4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	16
4.3 TESTE DE FITOTOXICIDADE COM A <i>LACTUCA SATIVA</i> .....	18
4.4 INDICADORES DE FITOTOXICIDADE MEDIDOS.....	19
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>21</b>
5.1 ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS.....	21
5.2 FITOTOXICIDADE – TESTE COM <i>LACTUCA SATIVA</i> .....	22
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>30</b>



## INTRODUÇÃO

Com a expansão das atividades humanas e industriais nas últimas décadas tem-se um crescimento com as preocupações sobre as limitações dos recursos naturais, principalmente a água. Indústrias frigoríficas tem seu processo produtivo baseado no uso excessivo de água, ao qual no final do processo gera-se as águas residuárias, necessitando de tratamento.

O tratamento de efluentes baseia-se na transformação de substâncias nocivas dissolvidas e suspensas em gases inertes e/ou sólidos sedimentáveis para posterior separação das fases sólida e líquida. O sistema de tratamento deve ser usado para evitar a degradação da natureza, tendo em vista que a mesma será devolvida à natureza.

Em casos onde o tratamento não é eficiente ou é inexistente, o efluente acaba por provocar a contaminação de corpos hídricos alterando ecossistemas, pois introduz determinados poluentes, como nitrogênio, fósforo e compostos orgânicos que acarretam alteração na cor e turbidez devido à grande quantidade de material dissolvido e suspenso.

Segundo a Embrapa (2022) para o setor de alimentos, no Brasil, a indústria que mais cresce é a frigorífica de carne suína, sendo o país em posição de 4ª no ranking de maiores produtores de suínos no mundo. Para todo esse volume de produção existe uma grande responsabilidade de tratamento de efluentes, demandando novos tipos e novas tecnologias, bem como estudos sobre a temática, como por exemplo um desses estudos é o teste de fitotoxicidade.

O teste de fitotoxicidade utilizando o índice de germinação permite entender se o efluente é capaz de inibir sua germinação e desenvolvimento, para isso são utilizadas sementes de fácil cultivo e sensíveis à toxicidade como a *Lactuca Sativa*.

Os testes devem ser realizados em laboratórios para controlar todas as condições externas e assim conseguir uma germinação rápida e eficiente e que permita analisar os resultados obtidos e compara-los.

Frente a isso, o principal objetivo desse trabalho é avaliar a fitotoxicidade do efluente tratado de um frigorífico de carne suína de uma empresa do Oeste do Paraná

em dois pontos distintos do tratamento para analisar os parâmetros de toxicidade da água residuária, utilizando semente de *Lactuca sativa*.

## OBJETIVO

### 1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a fitotoxicidade do efluente tratado de um frigorífico de suínos de uma empresa do oeste do Paraná.

### 1.2 Objetivos Específicos

- Analisar as características físico-química do efluente através dos parâmetros pH e condutividade elétrica.
- Realizar o ensaio de fitotoxicidade utilizando a *Lactuca sativa* com o efluente proveniente de dois pontos distintos do processo de tratamento de efluentes de um frigorífico de suínos nas concentrações de 20, 40, 60, 80 e 100%.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.3 EFLUENTE DE ABATEDOURO

Dorneles (2009) descreve os efluentes líquidos resultantes do processo industrial de um abatedouro ou frigorífico como uma mistura de material flotável, nutrientes, graxos, sangue, pedaços de carne, gorduras, entranhas, vísceras, conteúdo estomacal, intestinal, esterco e fragmentos de ossos; e que a poluição ou degradação do meio ambiente ocorre quando esses efluentes são despejados na natureza sem o devido tratamento para a retirada dessas impurezas.

Segundo Rocha Maria (2008), o principal problema ambiental causado pelas atividades dos frigoríficos e abatedouros é a geração e despejo de seus resíduos líquidos, denominados efluentes. No caso dos bovinos a quantidade de litros de efluentes gerados por cabeça abatida pode passar de 1000 litros. Ainda segundo o autor, esses resíduos provenientes das diversas etapas do processamento industrial de abate, e que se não tratados corretamente podem impactar de forma significativa o meio ambiente.

Grande quantidade de água é utilizada na indústria alimentícia devido a diferentes processamentos, bem como durante a limpeza e desinfecção para atender aos padrões de higiene exigidos, ou seja, alto consumo de água provoca águas residuais volumosas e estima-se que cerca de 80 a 95% a água consumida é descartada como resíduo líquido (EPA, 2002).

Devido aos diversos processos realizados nas indústrias a quantidade de resíduos pode variar dependendo da quantidade de água utilizada estabelecimento, entre indústrias e dentro da própria indústria, por horário de funcionamento. No entanto, de acordo com SCARASSATI et al., (2003) estima, que para o abate de suínos são necessários 1200 litros por cabeça, assim como distribuídos: 300 litros na sala de matança; 400 litros em outras instalações; 500 litros em anexos externos.

## 1.4 TOXICIDADE

A toxicidade pode ser definida como o resultado prejudicial causado por produtos químicos e substâncias a um organismo. As substâncias tóxicas são indicadas por testes de toxicidade ou testes ecotoxicológicos (chamados de bioensaios) destinados a determinar os efeitos causados por essas substâncias, podendo ser uma ou mais delas, ou fatores ambientais, levando em consideração o tempo de exposição, concentração e efeitos negativos. (GOLDSTEIN, 1988)

A ecotoxicologia é um dos novos campos da ciência que busca compreender como os ecossistemas metabolizam, transformam, degradam, eliminam, acumulam e sofrem com a toxicidade de diversas substâncias químicas que neles são introduzidas (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

O teste de fitotoxicidade é associado ao fenômeno de acumulação de diferentes substâncias que apresentam capacidade nociva as sementes a um nível que influencia de forma direta o índice de germinação, o crescimento e o desenvolvimento da muda (BECKET, 1977).

O objetivo das medidas ecotoxicológicas é determinar o efeito causado por esses agentes, um ou mais substâncias ou fatores ambientais, levando em consideração o tempo de exposição, concentração e efeitos adversos de poluentes em comunidades biológicas (GOLDSTEIN, 1988)

A fase germinativa de uma planta é determinada por uma série de eventos fisiológicos através de funções metabólicas, onde a água é a via principal. A água contaminada, portanto, prejudica a germinação, fazendo com que o efeito de contaminantes tóxicos seja utilizado como precursor de toxicidade (ASAHIDE et al., 2012).

A germinação das sementes depende da temperatura ideal em que elas se desenvolvem mais facilmente e melhor, e a maioria das cultivares não se reproduz em temperaturas acima de 30°C. Das espécies vegetais, *L. sativa* é a mais utilizada em processos de bioensaios, sendo utilizada como bioindicador para detecção de toxicidade hídrica em sementes com maior sensibilidade (BUFALO et al., 2012).

O teste de fitotoxicidade é associado ao fenômeno de acumulação de diferentes substâncias que apresentam capacidade nociva as sementes a um nível que influencia de forma direta o índice de germinação, o crescimento e o desenvolvi

Esses bioensaios são usados como técnicas de detecção de efeitos causados por compostos tóxicos através de procedimentos que quantificar respostas e riscos biológicos (FOTI et al., 2005; GONZÁLEZ et al., 2003; ORTEGA et al., 2000)

### 1.5 LACTUCA SATIVA

A alface (*Lactuca Sativa* L.) é amplamente consumida em todo o mundo e também é um excelente bioindicador para investigar a contaminação do solo e da água. Este vegetal é uma planta anual da família Asteraceae que é comumente cultivada em climas tropicais (HENZ & SUINAGA 2009).

*L. sativa* está entre os organismos de teste mais utilizado para avaliação de fitotoxicidade e citogenotoxicidade águas residuais domésticas e industriais (ŽALTAUSKAITĖ & ČYPAITĖ, 2008; ANDRADE et al., 2010) São amplamente utilizadas por serem facilmente encontradas em lojas de insumos agrícolas e possuírem grande quantidade de sementes de pequeno porte (ARAGÃO et al., 2015), além de germinar em 24 horas (ALVES et al., 2018).

A alface é uma cultura agrícola importante e bastante sensível a produtos químicos tóxicos, o que levou ao uso generalizado de *Lactuca Sativa* L. para testes de toxicidade (US EPA, 1994).

Plantas sensíveis a substâncias tóxicas podem ser utilizadas como indicadores de qualidade ambiental, formando bioensaios de fitotoxicidade. O National Water Research Institute, com sede no Canadá (DUTKA, 1989), recomenda o uso de sementes de alface em testes de toxicidade de águas residuais, solos ou sedimentos devido ao seu rápido crescimento e baixa reserva de energia necessária para a germinação. A inibição do processo de germinação e alongamento radicular, que ocorre na presença de pequenas concentrações do composto tóxico, é comumente avaliada, tornando este organismo um indicador mais sensível dos efeitos biológicos.

## METODOLOGIA

### 1.6 AMOSTRA DE EFLUENTE PARA O EXPERIMENTO

Os testes foram realizados com o efluente proveniente de dois pontos distintos do processo de tratamento de efluentes de um frigorífico de suíno de uma empresa do oeste do Paraná, sendo a primeira amostra de efluente retirada após o tratamento biológico (amostra 01) e a segunda amostra do efluente final (amostra 02).

A coleta realizou-se de forma manual, em uma única porção do material original, em seguida as amostras foram acondicionadas em recipientes previamente rotulados, de material polietileno com um volume total de 5 L e mantidas em refrigeração durante o transporte até o laboratório para realização das análises físico-químicas e fitotoxicidade.

### 1.7 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Para a amostra com concentração de 100% do efluente proveniente da amostra 01 e da amostra 02, analisou-se os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, e condutividade elétrica, cujas metodologias são citadas na Tabela 1.

**Tabela 1- Parâmetros físico-químicos analisados na amostra.**

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade de medida</b>	<b>Protocolo (Standart Methods)</b>
pH	Adimensional	APHA 4500-H+ B
Condutividade elétrica	mS.cm <sup>-1</sup>	APHA 2510 B

**Fonte: Autoria Própria (2022)**

Para a aferição do pH foi utilizado um phmetro de bancada onde foram submetidas duas amostras em duplicata. O aparelho utilizado na medição pode ser visualizado na Figura 1.

**Figura 1- pHmetro de bancada**

Fonte: Autoria Própria (2022)

Para as duas mesmas amostras também analisou-se o parâmetro condutividade elétrica, para tal utilizou-se o condutivímetro de bancada mostrado na Figura 2.

**Figura 2-Condutivímetro de bancada**

Fonte: Autoria Própria (2022)



### 1.8 TESTE DE FITOTOXICIDADE COM A *LACTUCA SATIVA*

As sementes de alface foram adquiridas em um mercado local com porcentagem de germinação 98% segundo análise do fornecedor. Todos os materiais utilizados para o teste de germinação (papel de filtro, algodão, água ultrapura) foram esterilizados em autoclave para evitar contaminação externa.

Foram testadas as amostras 01 e 02 em duplicata nas concentrações de 20,40,60,80 e 100%. O teste de controle negativo, ao qual é uma amostra constituída apenas água ultrapura esterilizada, foi realizada em quadruplicata, nas mesmas condições dos outros testes.

Utilizou-se a metodologia segundo (Manente) 10 sementes de alface para cada teste de germinação colocado no papel filtro que foi posicionado no fundo das caixas *gerbox* com dimensões 11 cm de largura, 11 cm de comprimento e 3,2 cm de profundidade, pré-esterilizado com álcool 70%. Foram adicionados 2 mL de amostra em cada caixa, umedecendo completamente o papel de filtro, e o algodão na qual foi colocado na lateral da caixa para garantir a presença de umidade, como pode ser observado na Figura 5.

**Figura 3- Caixa Gerbox com sementes**

Fonte: Aatoria Própria (2022)

Posteriormente, as caixas foram fechadas com filme plástico e armazenadas em incubadora com presença de luz durante 24 horas a 24°C por 5 dias, onde realizou-se as contagens diária de sementes germinadas e ao final do período indicado mediu-se o comprimento das raízes e do hipocótilo.

#### 4.4 INDICADORES DE FITOTOXICIDADE

Avaliou-se o comprimento da radícula de acordo com a metodologia YOUNG et al., (2012), no qual é calculado o índice de crescimento relativo (ICR) conforme a Equação 1. As variáveis Ra e Rc correspondem ao comprimento médio raízes na amostra e no controle, respectivamente

$$ICR = \frac{Ra}{Rc} \quad (1)$$

O índice de crescimento relativo pode ser classificado em 3 categorias:

- $0 < ICR < 0,8$ : inibição do crescimento da radícula;
- $0,8 \leq ICR \leq 1,2$ : não há efeito significativo no crescimento da radícula;
- $1,2 < ICR$ : estimulação do crescimento da radícula.

Seguindo a metodologia de CESAR et al., (2015) calculou-se o índice de germinação (GI), via Equação (2). As variáveis  $G_a$  e  $G_c$  representam o número de sementes germinadas após 5 dias na amostra e controle, respectivamente, e as variáveis  $R_a$  e  $R_c$  correspondem ao comprimento médio das raízes na amostra, e no controle, respectivamente.

$$IG (\%) = \frac{G_a \times R_a}{G_c \times R_c} \times 100 \quad (2)$$

O índice de germinação pode ser classificado da seguinte maneira:

- $0 < IG < 40\%$ : inibição severa do desenvolvimento da planta;
- $40\% < IG < 80\%$ : inibição leve;
- $80\% < IG < 120\%$ : sem efeitos inibidores significativos;
- $120\% < IG$ : estimulação do desenvolvimento.

Os dados foram tabulados em Excel, com média e desvio padrão das mesmas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1.9 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO EFLUENTE

Os testes físico-químicos foram realizados com as amostras 01 e 02 e podem ser observados os resultados obtidos na tabela 2, a qual expressa a média e o desvio padrão dos testes.

**Tabela 2- Resultados físico-químicos**

<b>Amostra</b>	<b>pH</b>	<b>Condutividade Elétrica (mS.cm<sup>-1</sup>)</b>
Amostra 01	7,8	2,5
Amostra 02	7,8	6,5
Desvio padrão	0	2,8

**Fonte: Aatoria Própria (2022)**

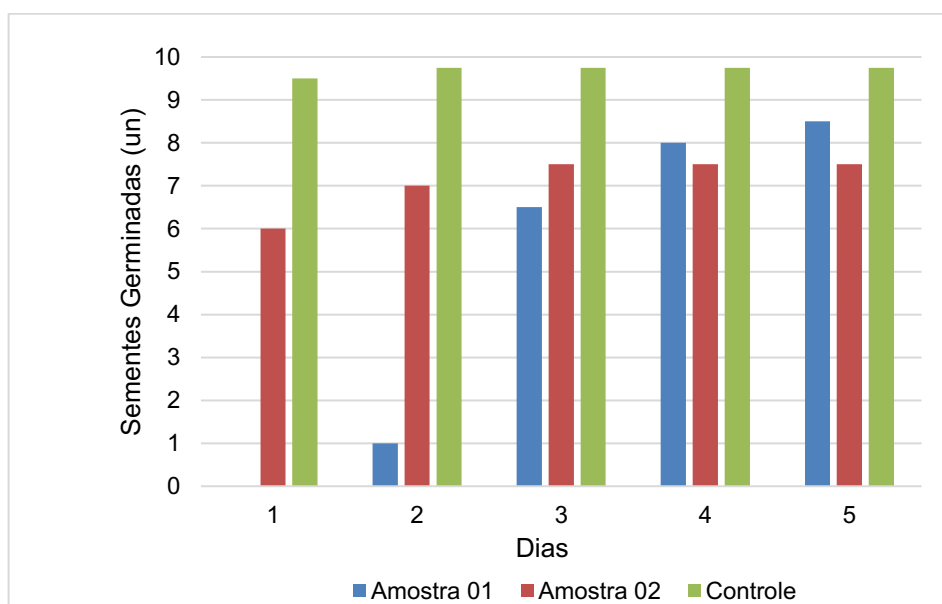
Percebe-se que para o teste de pH ambas as amostras 01 e 02 obtiveram o valor de 7,8. Segundo as diretrizes da USEPA (1994) para uso agrícola de esgoto sanitário o valor de pH varia de 6 a 9, se enquadrando nesse parâmetro. Já para a condutividade elétrica houve uma diferença a amostra 01 obteve 2,5 enquanto a amostra 02 apresentou 6,5, indicando um desvio padrão de 2,8. Isso ocorre pois na última etapa do processo de tratamento é realizado a adição do coagulante, que é composto por 38% de cloreto férrico e geralmente sais inorgânicos dissolvidos na água, como cloretos, sulfetos, carbonatos, fosfatos. A presença dessas substâncias aumenta a condutividade da água, pois os mesmos são eletrólitos, ou seja, se dissolvem em íons na água e contribuem para a condução de eletricidade.

DROGI et al., (2008) em seu estudo ao caracterizar o efluente de frigorífico obteve o valor em condutividade elétrica de 11,7 mS.cm<sup>-1</sup>, comparando com o trabalho desenvolvido, foram obtidos resultados menores para ambas as amostras.

### 1.10 FITOTOXICIDADE – TESTE COM *LACTUCA SATIVA*

Primeiramente foi analisado as amostras na concentração de 100% do efluente por meio dos dados coletados no laboratório gerou-se o gráfico 1, nele é possível observar a germinação média diária na concentração de 100% para as amostras 01, amostra 02 e o controle negativo das soluções.

**Gráfico 1-Germinação média diária na concentração de 100% do efluente para amostras 1 e 2 e para o tratamento controle.**



**Fonte: Autoria Própria (2022)**

Nota-se no primeiro dia que o controle obteve 90% das sementes germinadas, já a amostra 02 obteve 60%, enquanto a amostra 01 apresentou germinação de 10% apenas no segundo dia.

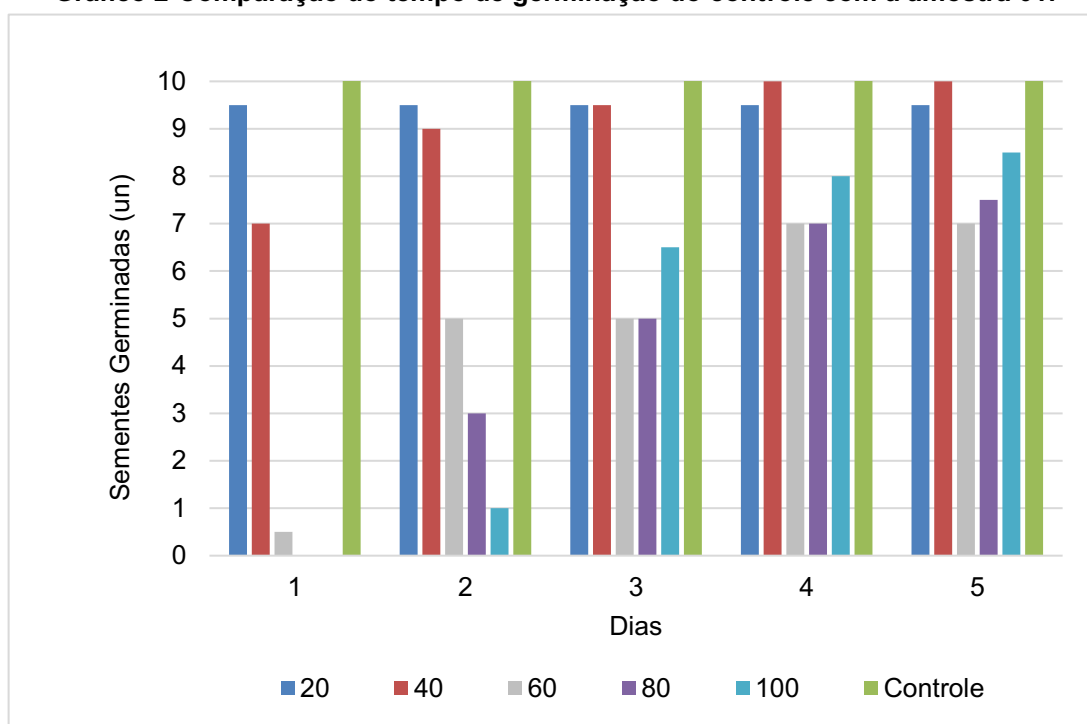
Para os outros dias observou-se que o crescimento permaneceu constante na amostra de controle e amostra 02, ao passo que a amostra 01 apresentou um germinação linear, especificamente de uma diferença de 70% do primeiro dia de germinação até o último.

Para ambas as amostras (01, 02) observou-se que houve inibição de germinação comparado ao controle, uma vez que nenhuma delas alcançou a quantidades de sementes germinadas produzida pelo mesmo.

Segundo (Bazai & Achakzai, 2006), efluentes domésticos e industriais em altas concentrações inibem a germinação em *L. sativa*, aumentando a salinidade pelo incremento de íons minerais que afetam a osmorregulação, levando à falência organela responsáveis por essa função.

Os resultados do número de sementes germinadas com os cinco tratamentos (diluições) da amostra 1 e do controle são apresentados no gráfico 2.

**Gráfico 2-Comparação do tempo de germinação do controle com a amostra 01.**



**Fonte: Autoria Própria (2022)**

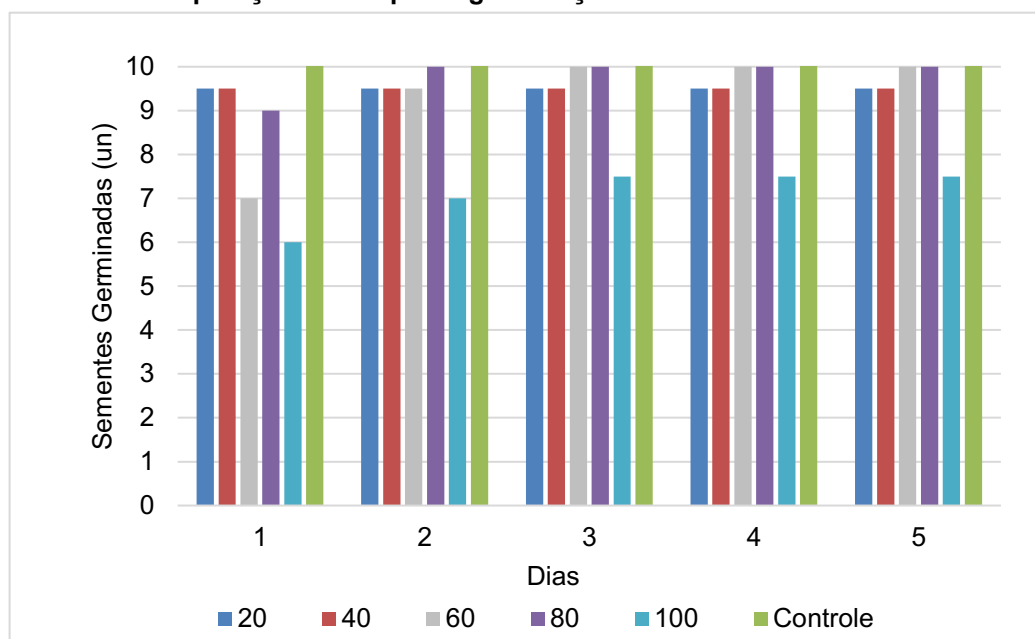
Nota-se ao visualizar o gráfico que a diminuição de germinação é inversamente proporcional a adição de efluente entre as amostras. Isso pode ser constatado mais efetivamente no dia 2, pois o aumento da concentração principalmente em amostras contendo amônio são altamente fitotóxicas dificultando a germinação das sementes.

A diluições de 20% e 40% foram as que mais apresentaram semelhança ao controle ao longo dos 5 dias, substanciando a ideia de que menores diluições tem melhores desempenho.

Ao final do teste também é possível atestar que o controle evidenciou 97,5 % de germinação e todas as outras concentrações manifestaram no mínimo 70% ou mais de germinação. Sendo elas de 95, 100, 70, 75 e 85% respectivamente.

O gráfico 3 apresenta a germinação de alface a partir de 5 diluições da amostra 02 ao longo dos 5 dias.

**Gráfico 3-Comparação do tempo de germinação do controle com a amostra 02.**



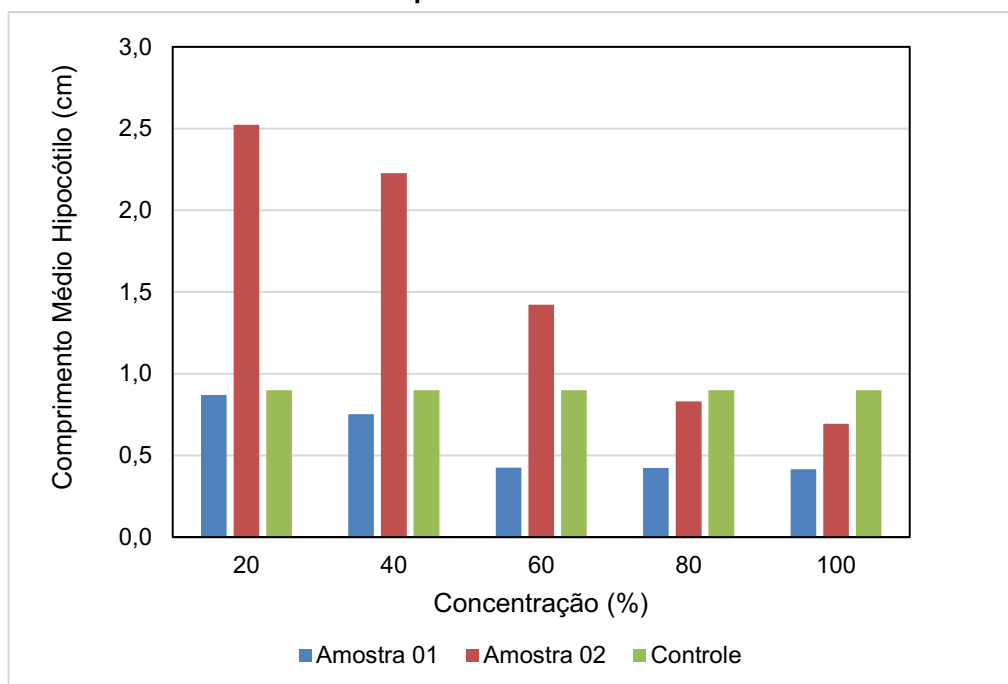
**Fonte: Autoria Própria (2022)**

Verificou-se que todas as amostras apresentaram resultados similares ao controle em todos os dias, com excessão da solução de 100% que teve uma germinação notavelmente inferior.

Outra observação a ser considerada é que nos 3 últimos dias as diluições de 60 e 80% igualaram-se a de controle com germinação total. Os dados do gráfico constataam que houve um maior potencial de germinação comparado a amostra 01, tendo em vista que a amostra 02 é proveniente da etapa final de tratamento.

No que tange ao comprimento médio do hipocótilo originou-se o gráfico 4 para as respectivas concentrações das amostras 1, 2 e do tratamento controle.

**Gráfico 4-Comprimento médio do hipocótilo para cada concentração das amostras testadas comparadas ao controle.**



**Fonte: Autoria Própria (2022)**

Para a amostra 01 o comprimento médio variou de 0,4 e 0,9 cm, já para a amostra 02 entre 0,7 e 2,5 cm e o comprimento médio do controle foi 0,9 cm.

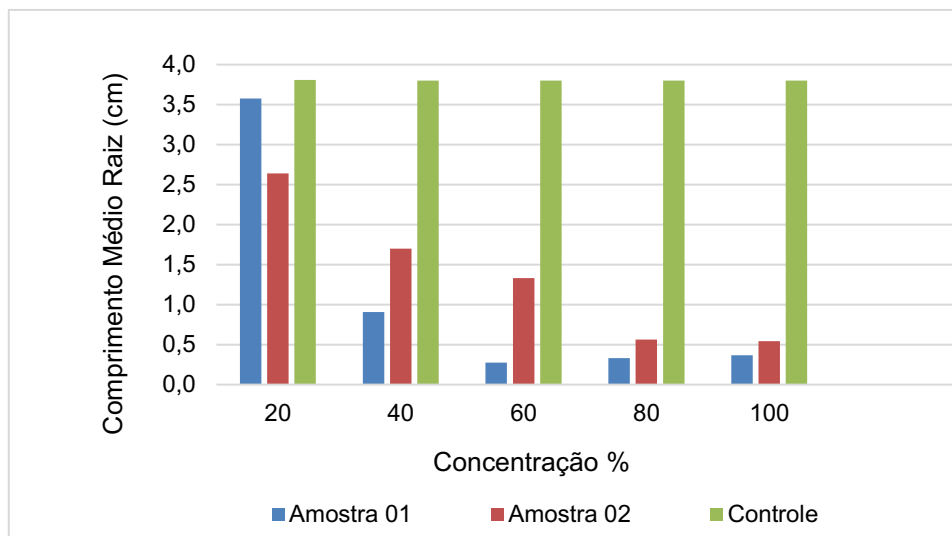
Notou-se variações significativas entre o comprimento médio do hipocótilo da amostra 02 e o controle nas concentrações de 20%, 40% e 60%, sendo elas de 1,6 cm, 1,3 cm e 0,5 cm respectivamente.

Verificou-se também uma variação menos acentuada nas concentrações de 80% e 100%, onde a amostra 02 de 80% ficou semelhante ao controle.

No que se refere ao comprimento médio da raiz em relação as sementes germinadas os dados estão expressos no gráfico 5, para as amostras 01 e 02 nas 5 diluições.



**Gráfico 5-Comprimento médio das raízes para cada concentração das amostras testadas comparadas ao controle.**



**Fonte: Autoria Própria (2022)**

Na amostra 01 o comprimento médio variou de 0,4 a 3,6 cm, para a amostra 02 entre 0,6 e 2,5 cm, e o comprimento médio do controle foi 3,8 cm.

Percebe-se que ocorreu uma diminuição notória do comprimento médio das raízes da amostra 01 e 02, nas concentrações de 40%, 60%, 80% e 100%. A amostra 01 na concentração de 20% obteve resultado próximo ao controle com 3,6 cm e 3,8 cm respectivamente. Foi observado que conforme aumentou as concentrações o comprimento médio das raízes de ambas as amostras diminuiu.

Como o comprimento médio das raízes em todas as concentrações foi menor que o controle, assume-se que ocorreu inibição no crescimento fazendo com que as sementes apresentassem um crescimento lento. Adicionalmente observa-se que o controle apresentou diferentes comprimentos, indicando que cada semente possui ritmo de crescimento diferenciado.

Os valores de ICR foram calculados através dos dados de crescimento médio da radícula das amostras e do controle pela equação (1), que são apresentados na tabela 3.

**Tabela 3-Valores do índice de crescimento relativo (ICR) para as amostras avaliadas**

[ ] %	Amostra 01	Amostra 02
20	0,9 <sup>NA</sup>	2,5 <sup>EC</sup>
40	0,8 <sup>NA</sup>	2,2 <sup>EC</sup>
60	0,4 <sup>I</sup>	1,4 <sup>EC</sup>
80	0,4 <sup>I</sup>	0,8 <sup>NA</sup>
100	0,4 <sup>I</sup>	0,7 <sup>I</sup>

Obs.: NA – não há efeito significativo no crescimento da radícula; I – Inibição do crescimento da radícula; Ec – estimulação do crescimento da radícula.

Fonte: Aatoria Própria (2022)

Para a amostra 01 observou-se que não houve inibição no crescimento da radícula nas concentrações de 20% e 40%, contrariamente do que ocorreu nas concentrações de 60%, 80% e 100%, onde houve inibição do crescimento da radícula.

Na amostra 02 identificou-se que ocorreram estímulo do crescimento da radícula nas concentrações de 20%, 40% e 60%. Verifica-se ainda que houve inibição do crescimento da radícula na concentração de 100% e não houve inibição do crescimento da radícula apenas na concentração de 80%.

Analisando a tabela 4 é possível observar que na amostra 01 apenas a solução 20% não houve efeito significativo no desenvolvimento da amostra. Quando observado as diluições de 40%, 60%, 80% e 100% percebe-se a inibição leve no desenvolvimento das sementes.

**Tabela 4-Valores do índice de germinação (IG) em percentual para as amostras avaliadas**

[ ] %	Amostra 01	Amostra 02
20	89,155 <sup>NA</sup>	65,825 <sup>IL</sup>
40	23,798 <sup>IS</sup>	42,38 <sup>IS</sup>
60	5,0159 <sup>IS</sup>	34,893 <sup>IS</sup>
80	6,4739 <sup>IS</sup>	14,779 <sup>IS</sup>
100	8,1619 <sup>IS</sup>	10,676 <sup>IS</sup>

Obs.: NA – não há efeito significativo no desenvolvimento; IL – inibição leve; IS – Inibição severa do desenvolvimento

Fonte: Aatoria Própria (2022)

Para a amostra 02 sucedeu-se a inibição leve na concentração 20%, e inibição severa nas demais concentrações. Demonstrando assim que não se deve analisar a germinação e o crescimento da radícula de forma isolada uma vez que poderiam levar a interpretação errônea dos resultados.

Em síntese, observou-se que a amostra 01 na concentração de 20% indicou uma menor fitotoxicidade, seguida pela amostra 02 a qual apresentou uma maior fitotoxicidade para *Lactuca sativa*. Essa diferença pode estar associada a adição do coagulante feito na última etapa do processo de tratamento de efluentes.

Esse coagulante é a base de cloreto férrico, que ao ser adicionado ao efluente aumenta sua salinidade, tendo como consequência a interferência nos processos de osmose da planta, que está diretamente ligado a germinação e crescimento da mesma.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando analisado os resultados dos valores do índice de germinação (IG) e valores do índice de crescimento relativo (ICR) a amostra 01 com concentração 20% não obteve efeito significativo no desenvolvimento das sementes e crescimento relativo da radícula. Para os parâmetros físico-químicos como pH e sólidos sedimentáveis apresentaram-se resultados satisfatórios, entretanto para condutividade elétrica e turbidez não foram encontrados resultados ideais.

No entanto a amostra 02 apresentou uma inibição leve no índice de germinação (IG) na concentração de 20% e não obteve efeito significativo no desenvolvimento das sementes e crescimento relativo da radícula (ICR) na concentração de 80%. A mesma apresentou resultados satisfatórios em relação ao parâmetro pH e não satisfatórios na turbidez e sólidos sedimentáveis, e por último, sobre a condutividade elétrica analisada, apresentou-se alterações devido ao coagulante de cloreto férrico adicionado nesse processo de tratamento.

Para estudos futuros, ressalta-se que os testes realizados foram para fins apenas de fitotoxicidade e é necessário avaliar os efeitos a longo prazo na toxicidade crônica.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, T.A., PINHEIRO, P.F., PRAÇA-FONTES, M.M., ANDRADE-VIEIRA, L.F., CORRÊA, K.B., ALVES, T.A., CRUZ, F.A., LACERDA JÚNIOR, V., FERREIRA, A. and SOARES, T.C.B., 2018. **Toxicity of thymol, carvacrol and their respective phenoxyacetic acids in *Lactuca sativa* and *Sorghum bicolor***. *Industrial Crops and Products*, vol. 114, pp. 59-67.
- ARAGÃO, F.B., QUEIROZ, V.T., FERREIRA, A., COSTA, A.V., PINHEIRO, P.F., CARRIJO, T.T. and ANDRADE-VIEIRA, L.F., 2017. **Phytotoxicity and cytotoxicity of *Lepidaploa rufogrisea* (Asteraceae) extract in the plant model *Lactuca sativa* (Asteraceae)**. *Revista de Biología Tropical*, vol. 65, no. 2, pp. 435-443.
- ASAHIDE, C.A. et al. **Utilização de sementes de alface na avaliação da toxicidade de sais de metais potencialmente tóxicos**. *Química ambiental 52° Congresso Brasileiro de Química*. Recife/2012.
- AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos: ed.Rima, 2003. 322p.
- BECKET, P. H. T. **Upper critical Levels of toxic elements in plants**. *New phytologist*, v. 79, n. 1, p. 95-106, 1977.
- BUFALO, J. et al. **Periodos de Estratificação na Germinação de Sementes de Alface (*Lactuca sativa* L.) Sob Diferentes Condições de Luz e Temperatura**. *Artigo Periódico Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.33, n.3, p.931-940, mai.-jun., 2012.
- CESARO, A.; BELGIORNO, V.; GUIDA, M. **Compost from organic solid waste: Quality assessment and European regulations for its sustainable use**. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 94, p. 72–79, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.003>>.
- CUNHA, B. M. **Avaliação ecotoxicológica de distintos tipos de efluentes mediante testes de toxicidade aguda utilizando *Artemia salina* e *Lactuca sativa***. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011.
- DING, L., JING, H., QIN, B., QI, L., LI, J., WANG, T., LIU, G. **Regulation of cell division and growth in roots of *Lactuca sativa* L. seedlings by the ent-kaurene diterpenoid ramosin B**. *Journal of Chemical Ecology*, v.36, n.5, p.553-563, 2009.
- DORNELLES, F. **Análise da gestão dos tratamentos dos efluentes gerados nos abatedouros de bovinos de São Luiz Gonzaga**. 2009. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009

DROGUI, P, ASSELIN M, BRAR SK, BENMOUSSA H., BLAIS, J. **Electrochemical removal of pollutants from agro-industry wastewaters**. Sep. Purif. Technol. 2008: 61 (3): 301–310

DUTKA, B. J. **Methods microbiological for toxicological analysis of water, wastewater, and sediments**. National Water Research Institute, Burlington, Ontario, Canadá, p.127, 1989

**Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 76, n. 1, p. 182–186, 2012. Academic Press. Disponível em: <doi.org/10.1016/J.ECOENV.2011.09.019>.

EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Development Document for the Proposed Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Meat and Poultry Products Industry Point Source Category**. Office of Water Mail Code 4303 T. Washington, 2002.

FERNANDES, A.C.A. **Avaliação do Potencial de Reúso de Água Residuária da ETE Dom Nivaldo Monte para Fins Não Potáveis**. 2018. 22 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

FOTI, N. M.; BILLARD, C.; LALLANA, V. H. **Bioensayos de germinación con semillas de rucula y lechuga para monitoreo de calidad de agua**. Revista Científica Agropecuaria, v. 9, n. 1, p. 47-53, 2005.

GOLDSTEIN, E. G. Testes de toxicidade de efluentes industriais. In: Revista Ambiente, v.2, n. 2, p. 33-38, 1988

HENZ, G. P., & Suinaga, F. A. (2009). Tipos de alfaces cultivados no Brasil. Embrapa, 75, 1–7

PESCOD, M. B. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992. 125 p.(FAO. Irrigation and Drainage Paper,47).

ROCHA MARIA, Ronaldo. **Avaliação da eficiência no tratamento de efluentes líquidos em frigoríficos**. UDC. Foz do Iguaçu, 2008.

SCARASSATI, D.; CARVALHO, R.F.; DELGADO, V.L.; CONEGLIAN, C.M.R.; BRITO, N.N.; TONSO, S.; SOBRINHO, G.D.; PELEGRINI, R. **Tratamento de efluentes de matadouros e frigoríficos**. In III Fórum de Estudos Contábeis, [online], Claretianas, 2003. Disponível em: [www.universoambiental.com.br/novo/artigos\\_ler.php?canal](http://www.universoambiental.com.br/novo/artigos_ler.php?canal).

USEPA. United States Environmental Protection Agency 1994, '**Using toxicity tests in ecological risk assessment**', Publication #9345.0-05I , Eco-Update 2, 1–4.

ŽALTAUSKAITĖ, J.; Čypaitė, A. **Assessment of landfill leachate toxicity using higher plants** **Assessment of landfill leachate toxicity using higher plants**. Environmental Research -Engineering and Management, v.46, p.42-47, 2008.

YOUNG, B. J.; RIERA, N. I.; BEILY, M. E.; et al. **Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on Lactuca sativa**.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Geneva, 2006. 213 p. v. 2.

WHO – World Health Organization. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards**. Report of a WHO Meeting of Experts. Geneva, World Health Organization (Technical Report Series No. 517), 1973. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/41032>.

Bazai, Z. A; Achakzai, K. K. **Effect of wastewater from Quetta city on germination and seedling growth of lettuce** (Lactuca sativa L.). Applied Science Journal, v.6, p.380- 382, 2006.