



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE BIOTECNOLOGIA  
BACHARELADO EM BIOTECNOLOGIA**

**JACIELLE DA CONCEIÇÃO SILVA**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES  
DE HORTALIÇAS, *Lactuca sativa* e *Solanum lycopersicum*, EM  
BIOENSAIOS DE FITOTOXICIDADE.**

**João Pessoa – Paraíba  
2021**

JACIELLE DA CONCEIÇÃO SILVA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES  
DE HORTALIÇAS, *Lactuca sativa* e *Solanum lycopersicum*, EM  
BIOENSAIOS DE FITOTOXICIDADE.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso de  
Biotecnologia da Universidade Federal da  
Paraíba, como pré-requisito para a obtenção  
do título de Bacharel em Biotecnologia.

**Orientador: Prof. Dr. Jailson José  
Gomes da Rocha**

**Coorientadora: Prof. Dra. Elisângela  
Maria Rodrigues Rocha**

**João Pessoa – Paraíba  
2021**

**Catálogo na publicação Seção de Catalogação  
e Classificação**

S586a Silva, Jacielle da Conceição.

Avaliação do desempenho de germinação de sementes de hortaliças, lactuca sativa e solanum lycopersicum, em bioensaios de fitotoxicidade / Jacielle da Conceição Silva. - João Pessoa, 2021.

51 p. : il.

Orientação: Jailson José Gomes da Rocha.

Coorientação: Elisângela Maria Rodrigues Rocha.

TCC (Graduação/Bacharelado em Biotecnologia) -  
UFPB/Biotecnologia.

1. Hortaliças - Cultares. 2. Vegetais - Toxicologia.

3.

Água - Toxicidade aguda. 4. Toxicologia ambiental. I.  
Rocha, Jailson José Gomes da. II. Rocha, Elisângela  
Maria Rodrigues. III. Título.

UFPB/CCEN

CDU 631.416:635.5(043.2)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA (UFPB)  
CENTRO DE BIOTECNOLOGIA (CBiotec)  
CAMPUS I – JOÃO PESSOA/PB  
Coordenação do Curso de Bacharelado em  
Biotecnologia



**ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Aos vinte e seis dias do mês de novembro de 2021, às 08:00 h, em sessão pública realizada de forma remota, na Plataforma Google Meet, em atendimento à Portaria N° 125/GR/REITORIA/UFPB, de 08 de março de 2021 e a Resolução Consepe N° 27/2021, na presença da Banca Examinadora presidida pelo Professor Dr. Jaílson José Gomes da Rocha (DB/CBIOTEC/UFPB) e composta pelas avaliadoras: 1. Profa. Dra. Elisângela Maria Rodrigues Rocha (DECV/CT/UFPB), orientadora; 2. Profa. Dra. Adna Cristina Barbosa de Sousa (DBCM/CBIOTEC/UFPB) e 3. M.a Samara Teixeira Pereira (PPGECAM/UFPB), a discente Jacielle da Conceição Silva, matrícula 2016089306, apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: “**Avaliação do desempenho de germinação de sementes de hortaliças, *Lactuca sativa* e *Solanum lycopersicum*, em bioensaios de fitotoxicidade**”, como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Graduação em Biotecnologia. Após reunião em sessão reservada, a Banca Examinadora deliberou e decidiu pela **APROVAÇÃO** do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente a(ao) discente e demais presentes e eu, Jaílson José Gomes da Rocha, na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelas demais avaliadoras e pela discente.

Presidente da Banca Examinadora

Orientadora

Avaliadora 1

Avaliadora 2

Discente

João Pessoa/PB, 26 de novembro de 2021.

*Dedico aos meus pais, Joana Francelina da  
Silva, José Fabrício da Conceição e à minha  
tia Maria José da Silva.*

## AGRADECIMENTOS

Com muita alegria e alívio trago aqui meus agradecimentos diante da conclusão do meu trabalho de conclusão de curso, e que curso distópico tive que percorrer até chegar aqui, com apoio e ensinamentos de muitas pessoas especiais.

Agradeço a meus pais que sempre se comprometeram com minha educação, aos professores de toda minha vida escolar e acadêmica que me guiaram na construção de conhecimentos e a todos os colegas e amigos que agregaram conhecimento além dos livros e pudemos compartilhar experiências e vivências.

Professora Flávia, obrigada por ser referência, por nos encorajar a trajetórias profissionais diversas e na luta antirracista. Professora Sild, sempre lembrarei da pessoa e profissional incrível que é, inspiradora. Sr. Dr. Jailson, grata por todas as conversas, reflexões e escuta que o sr. sempre nos proporcionou de maneira tão horizontal.

A família da empresa júnior MAXIMIZE, grata por todas as oportunidades de desenvolvimento profissional na graduação e por onde pude chegar através delas (Alô Ambev).

Meus companheiros irmãos de sala de aula, RU e rolês: Nilton, Juliana, Vitoriazinha, Wilias, Lucas, Caian, Karol, Eve, Ju, Wiliane, Katarina (e todos os demais que estou esquecendo porque a pandemia afetou minha memória rs), com vocês minha formação foi muito além da acadêmica, a pessoa/profissional que tenho orgulho de ser hoje tem colaboração de cada um de vocês, em especial my queen Wilias Greison Silva Santos, minha eterna inspiração de ser humano e beleza.

Minhas irmãs de coração, casa e vida, Luara, Astrée e Laura obrigada por todo apoio, cada palavra de incentivo nos momentos de cansaço e desamino, em meio ao caos no mundo e a missão de concluir este trabalho.

Professora Elisangela, meus profundos agradecimentos por ter me acolhido no seu laboratório, sem nunca antes termos tido contato, num final de um ano caótico como foi o de 2020 marcamos um zoom e você me deu a oportunidade da minha última jornada de exploração na graduação. Samara, Iris, sem vocês eu não teria feito muita coisa, obrigada por todo apoio desde o início e todos os ensinamentos, todos do grupo ECOTOX – UFPB, muito obrigada.

Sou a primeira de minha família a acessar o ensino superior, todas as referências que encontrei ao longo do caminho me fortaleceram para chegar até aqui, grata a todos que contribuíram direta e indiretamente. Abram os caminhos.

## RESUMO

Com a urgência de proteger legalmente o ambiente, legislações ambientais contam com ferramentas científicas para monitorar e regular as consequências das atividades humanas, entre elas os ensaios de toxicidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar desempenho de germinação de sementes de hortaliças: *Lactuca sativa* (Alface) e *Solanum lycopersicum* (Tomate) em bioensaios de fitotoxicidade com lixiviado de aterro sanitário in natura proveniente do aterro sanitário metropolitano de João Pessoa. No bioensaio de fitotoxicidade com lixiviado in natura foram definidas cinco diluições do lixiviado e 3 cultivares de cada hortaliça, onde buscou-se analisar diferenças significativas da sensibilidade entre as cultivares. Em seguida, foram investigados cinco tipos de águas utilizadas para uso como controle negativo num bioensaio de germinação com sementes de *Lactuca sativa* (alface – cultivar: Americana) e *Solanum lycopersicum* (tomate – cultivar: IPA6). Foi realizado também um bioensaio de fitotoxicidade com sementes de *Solanum lycopersicum* (san marzano) em condição otimizada definida pelo grupo de pesquisa ECOTOX - UFPB, referente ao volume de amostra utilizada por placa e o tamanho da placa de Petri. A análise se deu pelo cálculo da porcentagem de germinação das sementes, crescimento médio da plântula e coeficiente de variação. A caracterização do efluente in natura permitiu observar que é um lixiviado já estabilizado, ou seja, ele apresenta pH em torno de 8, compostos de difícil degradação e elevada alcalinidade. Não foi possível avaliar a diferença de sensibilidade das cultivares das hortaliças no bioensaio de fitotoxicidade com lixiviado in natura. Identificou-se que o tipo de água utilizada no grupo controle não apresentou diferença significativa no desempenho de germinação das sementes das hortaliças. A condição otimizada do bioensaio de fitotoxicidade alcançou os critérios de validação adotados para próximas pesquisas como uma etapa essencial para o procedimento laboratorial dos bioensaios de fitotoxicidade.

**Palavras-chave:** água; CONAMA; cultivares; controle negativo; efluente; toxicidade aguda

## ABSTRACT

With the urgent need to legally protect the environment, environmental legislation contaminated with scientific tools to monitor and regulate the consequences of human activities, including toxicity tests., The objective of this work was to evaluate the germination performance of vegetable seeds: *Lactuca sativa* (Lettuce) and *Solanum lycopersicum* (Tomato) in phytotoxicity bioassays with in natura landfill leachate from the metropolitan landfill of João Pessoa. In the bioassay of phytotoxicity with in natura leachate, five dilutions of the leachate and 3 cultivars of each vegetable were defined, where we sought to analyze specific differences in sensitivity between cultivars. Then, five types of water used as negative control in a germination bioassay with seeds of *Lactuca sativa* (lettuce - cultivar: Americana) and *Solanum lycopersicum* (tomato - cultivar: IPA6) were investigated. A phytotoxicity bioassay was also carried out with seeds of *Solanum lycopersicum* (san marzano) in an optimized condition defined by the ECOTOX - UFPB research group, referring to the sample volume used per dish and the size of the Petri dish. The analysis was performed by calculating the percentage of seed germination, average seedling growth and coefficient of variation. The characterization of the effluent in natura must observe that it is already a stabilized leachate, that is, it has a pH around 8, compounds that are difficult to degrade and have high alkalinity. It was not possible to evaluate the difference in sensitivity of vegetable cultivars in the phytotoxicity bioassay with in natura leachate. It was identified that the type of water used in the control group does not present a significant difference in the germination performance of vegetable seeds. The optimized condition of the phytotoxicity bioassay reached the validation criteria adopted for research as an essential step for the laboratory procedure of phytotoxicity bioassays.

**Keywords:** acute toxicity; cultivars; CONAMA; effluent; negative control; water

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da plântula de hortaliças.....	23
Figura 2 - Etapas metodológicas da pesquisa.....	27
Figura 3 - Coleta do lixiviado no ASMJP em um dos tanques de decantação.....	28
Figura 4 - Visão geral do preparo do bioensaio de fitotoxicidade. Disposição das das placas (4a), placas com papel filme (4b), adição da amostra (4c).....	31
Figura 5 - Materiais utilizados para realização do experimento (5a) e placas finalizadas depositadas na incubadora (5b). ....	31
Figura 6 - Tipos de águas investigadas para germinação das sementes do grupo controle.....	33

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estudos científicos no Brasil de fitotoxicidade com lixiviado de aterros sanitários e diferentes organismos bioindicadores no período de 2015 a 2020.....	21
Quadro 2 - Parâmetros e métodos utilizados para a caracterização do lixiviado in natura coletado em 13/04/2021. ....	29
Quadro 3 - Especificações técnicas das sementes utilizadas no bioensaio de fitotoxicidade do lixiviado in natura do ASMJP. ....	30
Quadro 4 - Condições de bioensaio de fitotoxicidade com as sementes para o lixiviado in natura. ....	32
Quadro 5 - Valores de Porcentagem de Germinação (%PG), Coeficiente de Variação (CV) e Crescimento Médio (CM) das plântulas das 3 cultivares da espécie Lactuca sativa. ....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização do lixiviado bruto ASMJP realizada pelo grupo de pesquisa ECOTOX - UFPB.....	35
Tabela 2 - pH das águas utilizadas no teste.....	38
Tabela 3 - Desempenho de germinação alface americana nos diferentes tipos de água. ....	39
Tabela 4 - Desempenho de germinação do Tomate IPA6 nos diferentes tipos de água.....	40
Tabela 5 - Fitotoxicidade de diferentes diluições do lixiviado bruto do ASMJP sob sementes de <i>Solanum lycopersicum</i> .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APHA	American Public Health Association
AT	Alcalinidade Total
ASMJP	Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa
°C	Grau Celsius
CA	Água torneira CAGEPA
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CE50	Concentração Efetiva (que causa efeito em 50% dos indivíduos)
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CT	Centro de Tecnologia
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
CM	Crescimento Médio
Cm	Centímetro
CV	Coefficiente de Variação
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DL	Água Bidestilada
DQO	Demanda Química de Oxigênio (),
DU	Água destilada - laboratório UFPB
ISO	International Organization for Standardization
LABSAN	Laboratório de Saneamento da Universidade Federal da Paraíba
MI	Água mineral INDAIÁ
OECD	Economic Cooperation and Development
pH	Potencial Hidrogeniônico
PG	Percentual de Germinação
SNPC	Serviço Nacional de Proteção aos Cultivares
TU	Água da torneira - UFPB
USEPA	US Environmental Protection Agency

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
2.1. Objetivo geral	17
2.2. Objetivos específicos	17
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>18</b>
3.1. Ecotoxicologia: definições e legislação	18
3.2. Fitotoxicidade: Definições e características	19
3.3. Sementes e germinação	23
3.4. Lixiviado: composição e impactos ambientais	25
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>27</b>
4.1. Coleta e caracterização físico-química do lixiviado	28
4.2. Bioensaio de fitotoxicidade com lixiviado in natura e diferentes cultivares das hortaliças <i>Lactuca sativa</i> e <i>Solanum lycopersicum</i>	29
4.2.1. Procedimento experimental	30
4.3. Bioensaios de germinação com investigação dos tipos de água do controle negativo	32
4.3.1. Procedimento experimental	33
4.4. Fitotoxicidade do lixiviado in natura com semente de tomate – em condições laboratoriais otimizadas	34
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>35</b>
5.1. Caracterização do lixiviado	35
5.2. Bioensaio de Fitotoxicidade com lixiviado in natura e diferentes cultivares das hortaliças <i>Lactuca sativa</i> e <i>Solanum lycopersicum</i>	36
5.2.1. Fitotoxicidade - Alface - Cultivares	36
5.2.2. Fitotoxicidade - Tomate - Cultivares	37

<b>5.3. Bioensaios de germinação com investigação dos tipos de água do controle negativo</b>	<b>38</b>
5.3.1. <i>pH das águas investigadas</i>	38
5.3.2. <i>Germinação da alface - Americana</i>	39
5.3.3. <i>Germinação do Tomate - IPA6</i>	40
<b>5.4. Fitotoxicidade do lixiviado bruto em semente de tomate – condição otimizada</b>	<b>41</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>43</b>
<b>7 REFERÊNCIAS</b>	<b>44</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico, o crescimento populacional, a urbanização e a revolução tecnológica vêm impactando a qualidade de vida, os modos de produção e consumo da população. A quantidade e complexidade dos resíduos gerados, somados aos impactos das atividades econômicas resultam em prejuízo sobre a biodiversidade, causando danos como destruição de habitats naturais, desertificação para expansão da fronteira agrícola, queimadas, poluição, degradação do solo, erosão e contaminação das águas (LARUCCIA, 2014; LIMA, 2016; MAGALHÃES e VENDRAMINI, 2018)

Com a necessidade de mudar o cenário dos prejuízos causados ao ambiente, os órgãos de controle ambiental nacional intensificaram as exigências de aplicação de testes prevenção e proteção ambiental, a exemplo da resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) alterada pelas resoluções CONAMA nº 410/2009 e nº 430/2011, que dispõem sobre testes de ecotoxicidade, sob as condições e padrões de lançamento de efluentes no ambiente.

A ecotoxicologia é uma ciência especializada na área da toxicologia ambiental e sua pesquisa de base tem por objetivo investigar os efeitos ocasionados pelos agentes tóxicos sobre os organismos vivos, dinâmica das populações e comunidades integrantes de um ecossistema (WALKER, 2006; COSTA et al., 2008; SILVA; MATTIOLO, 2011; DORR, 2014).

Dessa forma, os estudos ecotoxicológicos têm contribuído para os avanços do conhecimento científico, tecnológico e das leis ambientais para diminuir os prejuízos advindos das atividades humanas ao ambiente, sendo uma ferramenta que contribui para identificação dos agentes tóxicos oriundos das mais diversas atividades econômicas, que podem pôr em risco a integridade dos ecossistemas e a vida em todas as suas formas (BRANDALISE, 2018). Os testes de ecotoxicidade contribuem com a caracterização de matrizes complexas, visto que permitem a classificação das amostras quanto ao nível de toxicidade que apresentam aos organismos em que são testados (BETTIOL, 2016).

Entretanto, as legislações, normas técnicas e afins existentes no Brasil são direcionadas apenas para ecotoxicidade aquática, não padronizando testes como os de fitotoxicidade, o que permite variações das metodologias que podem influenciar nos resultados dos bioensaios (GAZOLA, 2020; MENDES *et al.*, 2020).

Os bioensaios de fitotoxicidade são testes que avaliam a intoxicação de espécies vegetais por elementos tóxicos contidos em seu meio de crescimento, capazes de anular ou prejudicar a germinação de sementes ou desenvolvimento da plântula (CHANG *et al.*, 1992;

SOBRERO e RONCO, 2004; SILVA, 2016). O acervo de pesquisas vem crescendo ao longo dos últimos cinco anos devido à sua simplicidade e eficiência em avaliar a toxicidade de efluentes através do desempenho de germinação de sementes (OLIVEIRA, 2015; BATISTA, 2016; MEDEIROS *et al.*, 2017; TAVARES *et al.*, 2018; RIBEIRO, 2019; SILVA, 2020).

Os bioensaios de fitotoxicidade apresentam variáveis que podem influenciar no resultado dos testes, como: qualidade da água do grupo controle negativo, sensibilidade da espécie vegetal, temperatura, pH, umidade, número de sementes por prato de germinação e variedade da semente escolhida (PRIAC; BADOT e CRINI, 2017; MENDES, 2020) o que demonstra a necessidade do estabelecimento de protocolos padrão.

Órgãos como *US Environmental Protection Agency* (USEPA, 1996), *International Organization for Standardization* (ISO, 1995) e *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD, 2003) orientam o uso de sementes de *Lactuca sativa* (alface) para os bioensaios de fitotoxicidade, o que não é uma realidade nos órgãos de regulamentação ambiental no Brasil, pois, não possuem tal padronização estabelecida para esse tipo de teste.

Há escassez na literatura de comparação das metodologias existentes a fim de avaliar suas interferências e alterações nos resultados dos testes, para assim definir metodologias padrão para determinados objetivos de pesquisa (PRIAC; BADOT e CRINI, 2017, MENDES, 2020; SILVA, 2014)

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de germinação de sementes de hortaliças: *Lactuca sativa* (Alface) e *Solanum lycopersicum* (Tomate) em bioensaios de fitotoxicidade.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

Avaliar desempenho de germinação de sementes de hortaliças: *Lactuca sativa* (Alface) e *Solanum lycopersicum* (Tomate) em bioensaios de fitotoxicidade.

### 2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a sensibilidade de três diferentes cultivares das hortaliças: *Lactuca sativa* (alface) e *Solanum lycopersicum* (tomate) no bioensaio de fitotoxicidade com lixiviado in natura
- Investigar a influência do tipo de água utilizada no controle negativo sob o desempenho de germinação das sementes das hortaliças *Lactuca sativa* e *Solanum lycopersicum*

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1. Ecotoxicologia: definições e legislação

A ecotoxicologia é uma ciência especializada na toxicologia ambiental que investiga os efeitos e as interações que agentes tóxicos podem provocar sobre organismos vivos, nas dinâmicas das populações e comunidades que compõem um ecossistema (COSTA, 2010; EATON e GILBERT, 2012; DÖRR *et al.*, 2014).

Os estudos ecotoxicológicos são considerados ferramentas necessárias e complementares para avaliar a qualidade das águas e a carga poluidora de efluentes, considerando que apenas as análises físico-químicas tradicionalmente realizadas, tais como Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), sólidos suspensos, concentrações de metais e de outras substâncias de caráter orgânico ou inorgânico, para qual existe legislação ambiental estabelecida especificando tais limites, são insuficientes para distinguir entre as substâncias que afetam os sistemas biológicos e as que são inertes no ambiente e, por isso, feitas isoladamente não são análises eficientes para avaliar o potencial de risco ambiental dos contaminantes (COSTA, 2008; MAGALHÃES; FILHO, 2008; BRANDALISE, 2018).

De acordo com Costa *et al.* (2008), funcionalmente, a ecotoxicologia avalia os riscos das ações antrópicas sobre o ambiente através da descrição quali quantitativa de ocorrências potencialmente prejudiciais, colaborando nas definições de causas e efeitos a exemplo da perda de biodiversidade, redução dos recursos biológicos naturais e alterações da qualidade dos ecossistemas.

Dessa forma, tais estudos possuem eficiência comprovada para avaliar quão perigoso é um efluente, quando liberado em corpos hídricos, pois avaliam o efeito das interações entre misturas complexas de contaminantes presentes no efluente, considerando organismos de diferentes níveis tróficos. Logo, a combinação de bioensaios de toxicidade aguda/crônica aliado às análises físico-químicas são de suma importância para um monitoramento integrado das propriedades do efluente a fim de avaliar seus efeitos nos ecossistemas receptores (GERBER, 2017; BRANDALISE, 2018).

Ademais, a USEPA considera os ensaios ecotoxicológicos enquanto métodos completos para estimar amplamente os efeitos de múltiplos contaminantes e determinar o potencial tóxico dos mesmos, principalmente pela capacidade de integrar os efeitos de misturas complexas e as interações entre contaminantes e fatores abióticos sobre os organismos (USEPA, 2002).

No Brasil, em 1971, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) foi pioneira em desenvolver procedimentos metodológicos na área de ecotoxicologia, sendo a tilápia o organismo aquático utilizado para avaliar o efluente de uma indústria na região do Rio Atibaia em São Paulo (FESB-CETESB, 1971). Um breve histórico da legislação sobre ecotoxicologia no Brasil realizado por Gazola (2020), relata que o CONAMA o órgão responsável por estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, apenas em 2005 publicou a resolução CONAMA nº 357 que versava sobre o lançamento adequado de efluentes potenciais tóxicos, porém sem definir critérios ecotoxicológicos técnicos, bem como quais empreendimentos e atividades deveriam realizar os ensaios, atribuindo essas funções aos Estados individualmente, através de seus órgãos ambientais.

Diante da não aderência dos Estados à resolução CONAMA nº 357 (2005), que apresentava lacunas técnicas, esta foi, tardiamente, alterada em 2011 pela Resolução CONAMA nº 430 (2011), em que foram complementadas as condições técnicas em termos de padrão de lançamento de efluentes em corpos d'água e dispositivos referentes à toxicidade dos efluente. Foram, então, estabelecidas diretrizes mínimas a serem adotadas na ausência de um padrão técnico específico por parte do órgão ambiental competente (GAZOLA, 2020).

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e o CONAMA elaboram normas técnicas para os testes ecotoxicológicos, bem como padronizam o tipo de procedimento que deve ser realizado, entretanto, esses órgãos apresentam normas e protocolos bem estabelecidos apenas para ecotoxicidade aquática, permitindo uma lacuna normativa na avaliação dos componentes terrestres, como uso de sementes e plantas como bioindicadores (BRANDALISE, 2018).

Por outro lado, como exemplo a ser seguido, a Organização de Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OECD), uma organização econômica intergovernamental com 38 países membros, elaborou um guia de orientação para teste de análise de produtos químicos com plantas terrestres, especificando as espécies vegetais recomendadas para ensaios de avaliação de produtos químicos (OECD, 2006).

### **3.2. Fitotoxicidade: Definições e características**

Os bioensaios de fitotoxicidade derivam dos testes de ecotoxicidade, com o objetivo de avaliar a ocorrência de intoxicação de espécies vegetais por elementos tóxicos contidos ou produzidos em seu meio de crescimento, ocorrendo quando esses agentes se acumulam nos tecidos das plantas causando prejuízo ao seu desenvolvimento, estrutura e sobrevivência dos

vegetais. Sendo os principais parâmetros para mensurar seus resultados: percentual de sementes germinadas; crescimento da parte aérea; comprimento das raízes; índice de velocidade de germinação; avaliação da biomassa da parte aérea e das raízes (CHANG *et al.* 1992; RAMOS, 2016; SILVA, 2016).

Destacam-se como uma técnica simples e de baixo custo, quando comparado aos ensaios com organismos aquáticos, para verificar o grau de toxicidade de efluentes através da avaliação do desenvolvimento de sementes vegetais e plântulas utilizadas como bioindicadores (SOBRERO e RONCO, 2004). Dessa maneira, estes bioensaios têm sido realizados para estimar níveis de cargas efluentes tóxicos, para assim então indicar o seu potencial poluidor com relação ao solo e aos corpos hídricos quando lançados in natura (GOMES, 2017; MEDEIROS *et al.*, 2016; RIETOW, 2018).

Esses testes variam principalmente quanto ao tempo de exposição do organismo-teste ao agente tóxico, podendo ser classificado como agudo ou crônico. Resumidamente, os testes de toxicidade aguda podem ser definidos como ensaios de curta duração que abrangem apenas parte do ciclo de vida do organismo-teste. Normalmente avaliam a mortalidade ou a imobilidade dos organismos, influência em reações bioquímicas, metabolismo, entre outros (ROMANELLI, 2004). O efeito crônico é consequência da acumulação de um estímulo que continua ao longo de um tempo, onde esses períodos podem durar parte ou todo o ciclo de vida dos organismos bioindicadores (MAGALHÃES E FERRÃO FILHO, 2008).

Alguns ensaios de fitotoxicidade fazem adaptações das metodologias da ecotoxicidade aquática, como é o caso do trabalho realizado por Kohatsu *et al.* (2018) no estudo da fitotoxicidade de águas superficiais na Região Metropolitana de São Paulo e por Peduto *et al.* (2019), que avaliou a sensibilidade de diferentes sementes em ensaio de fitotoxicidade em diferentes soluções.

O uso de organismos bioindicadores em testes de fitotoxicidade tem sido crescente, com destaque para as pesquisas de fitotoxicidade com lixiviado de aterro sanitário, como é possível observar no Quadro 1, na qual está descrito um levantamento bibliográfico, dos últimos cinco anos, no Google Acadêmico. Pode-se citar o emprego de diversas espécies de hortaliças, como: alface (*Lactuca sativa*), tomate (*Solanum lycopersicum*), repolho (*Brassica oleraceae*), rúcula (*Eruca sativa Mill.*), cebola (*Allium cepa L.*), pepino (*Cucumis sativus L.*).

Quadro 1 - Estudos científicos no Brasil de fitotoxicidade com lixiviado de aterros sanitários e diferentes organismos bioindicadores no período de 2015 a 2020.

<b>Tipo do lixiviado</b>	<b>Organismo</b>	<b>Descrição/Referência</b>
Lixiviado tratado tratado pela reação ferrioxalato	<i>Lactuca sativa</i> (alface)	Bioensaios de fitotoxicidade e biodegradabilidade em amostras de um lixiviado de aterro sanitário tratado pela reação ferrioxalato (SOARES, 2015)
Lixiviado in natura/acumulado	<i>Lactuca sativa L.</i> (alface) <i>Eruca sativa Mill.</i> (rúcula) <i>Allium cepa L.</i> (cebola)	Avaliação da fitotoxicidade de chorume de aterro sanitário antes e após tratamento biológico - (KLAUCK <i>et al.</i> , 2015)
Lixiviado gerado a partir da decomposição biológica	<i>Lactuca sativa</i> (alface)	Lixiviado de aterro sanitário tratado com extratos de <i>Moringa oleifera Lam</i> isolados e combinados com <i>Abelmoschus esculentus L. Moench</i> e biosurfactante (OLIVEIRA, 2015)
Lixiviado de aterro sanitário fototratado	<i>Lactuca sativa</i> (alface)	Eficiência do processo foto-Fenton solar em um fotorreator piloto no pós-tratamento do lixiviado do aterro metropolitano de João Pessoa (BATISTA, 2016)
Lixiviado in natura de aterro sanitário	<i>Solanum lycopersicum</i> (tomate) <i>Brassica oleraceae</i> (repolho)	Análise da toxicidade do lixiviado gerado em uma célula do aterro sanitário em Campina Grande - PB (GOMES, 2017)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Lactuca sativa</i> (alface) <i>Artemia salina</i> (crustáceo)	Avaliação da toxicidade do lixiviado de aterro sanitário após tratamento por foto-Fenton (MEDEIROS <i>et al.</i> , 2017)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Lactuca sativa L.</i> (alface) <i>Cucumis sativus L.</i> (pepino)	Ecotoxicidade de lixiviado de aterro sanitário na germinação de sementes de alface ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) e pepino ( <i>Cucumis sativus L.</i> ) (FRANCO <i>et al.</i> , 2017)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Moringa oleifera Lam</i> (moringa) <i>Lactuca sativa (alface)</i>	Reuso do lodo resultante do tratamento de lixiviado de aterro sanitário com <i>moringa oleifera lam.</i> (NASCIMENTO, 2017)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Lactuca sativa</i> (alface)	Avaliação da toxicidade do lodo de estação de tratamento de água e esgoto, antes e após vermicompostagem, usando teste de germinação com semente de alface ( <i>Lactuca sativa</i> ) (TAVARES <i>et al.</i> , 2018)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Lactuca sativa</i> (alface)	Avaliação da eficiência do processo foto-Fenton combinado com lodo ativado aplicado no tratamento do lixiviado do aterro de Santa Tecla em Gravataí-RS (REIS, 2018)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Lactuca sativa</i> (alface)	Avaliação dos efeitos fitotóxicos da codisposição de lixiviado em reatores UASB tratando esgoto sanitário utilizando sementes de <i>lactuca sativa</i> (RIETOW e AISSE, 2018)

Lixiviado de aterro sanitário	<i>Lactuca sativa</i> (alface) <i>Artemia salina</i>	Tratamento em duas fases na purificação de efluentes de lixiviados pela integração dos processos de eletrocoagulação e oxidação biológica (PAULI, 2018)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Solanum lycopersicum</i> (tomate) <i>Brassica oleraceae</i> (repolho)	Análise comparativa do lixiviado bruto gerado em um aterro sanitário e o acumulado em uma lagoa de tratamento por evaporação natural (RIBEIRO, 2019)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Lactuca sativa</i> (alface) <i>Artemia salina</i> (crustáceo)	Tratamento de lixiviado de aterro sanitário pela combinação dos processos foto-Fenton e biológico (COLOMBO, 2019)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Lactuca sativa</i> (alface)	Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por processo de ozonização (RÉCIO, 2019)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Solanum lycopersicum</i> (tomate) <i>Brassica oleraceae</i> (repolho)	Biodegradação dos resíduos sólidos urbanos por meio das características do lixiviado gerado no aterro sanitário em Campina Grande-PB (ARAÚJO NETA, 2019)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Lactuca sativa</i> (alface) <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> (repolho)	Sementes de hortaliças aplicadas na fitotoxicidade de lixiviado bruto e tratado por foto-Fenton solar (SOUZA, 2019)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Lactuca sativa</i> (alface)	Utilização de resíduo líquido de galvanoplastia para tratamento de efluentes através de processo foto-Fenton (HILSENDEGER, 2020)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Solanum lycopersicum</i> (tomate)	Análise fitotoxicológica de metais em lixiviado de aterro sanitário em <i>Solanum lycopersicum</i> (SILVA, 2020)
Lixiviado de aterro sanitário	<i>Lycopersicon lycopersicum</i> (tomate) <i>Brassica oleraceae</i> (repolho)	Comportamento biodegradativo do aterro sanitário em Campina Grande - PB em função dos subprodutos gerados (ALMEIDA, 2020)

Fonte: Autora (2021)

Órgãos como a USEPA (1996), ISO (1995) e OECD (2003) orientam o uso de sementes de *Lactuca sativa* (alface) para os bioensaios de fitotoxicidade, o que não é uma realidade nos órgãos de regulamentação ambiental no Brasil, pois, não apresentam um protocolo padrão para realização deste tipo de teste.

Protocolos de bioensaios definem grupos controle do experimento, a fim de garantir que a sensibilidade dos organismos esteja adequada e conceder maior confiabilidade aos ensaios. Trata-se de uma população igual à que se encontra sob avaliação, mas sem adição da amostra em investigação, logo, observando-se efeito adverso no controle negativo, significa que ou há algum problema com o organismo-teste ou com o material utilizado (ex:

contaminação das placas de Petri) (MAGALHÃES E FERRÃO FILHO, 2008; MARIANI, [2006?]).

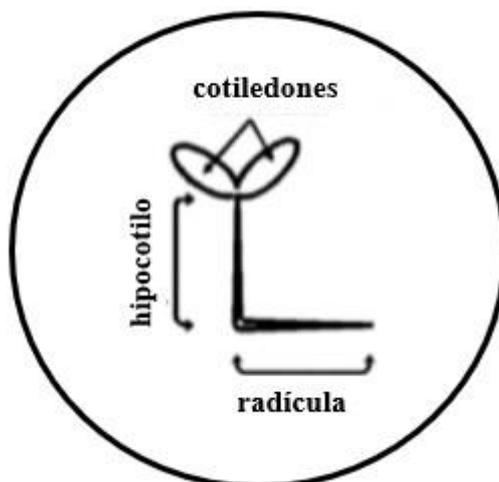
### 3.3. Sementes e germinação

Na análise de sementes, a germinação é definida como a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, originando uma plântula sob condições ambientais favoráveis (EMBRAPA, 2016).

As sementes são constituídas pelo embrião, endosperma (ou cotilédones) e tegumento (ou casca), o embrião recebe energia para o processo de germinação a partir de nutrientes, provenientes do endosperma. A germinação de uma semente significa o reinício do desenvolvimento do embrião, dependente da mobilização das reservas armazenadas, realizada pela sequência de reações metabólicas que transformam a semente em uma nova plântula (MARCOS FILHO, 1986; TAIZ *et al.*, 2017).

A espécie bioindicadora mais comumente usada nos bioensaios de fitotoxicidade é a *Lactuca sativa* (alface), devido à sua alta sensibilidade a diferentes substâncias, facilidade e baixo custo de cultivo e um desenvolvimento rápido e homogêneo em condições distintas de potencial osmótico e pH (FERREIRA e AQUILA, 2000; SIMÕES *et al.*, 2013). A estrutura da plântula da alface condiz com a Figura 1, em que se tem a ilustração da estrutura física da plântula de hortaliças.

Figura 1 - Esquema da plântula de hortaliças.



Fonte: Adaptado de Sobrero e Ronco (2004).

A velocidade de absorção de água pela semente varia com a espécie, permeabilidade das membranas, concentração de água, temperatura, pressão hidrostática, área de contato da semente com a água, forças intermoleculares, potencial mátrico do substrato, potencial osmótico da solução que umedece o substrato, temperatura e características intrínsecas da semente, todas essas variáveis interferem na germinação das sementes (PINHEIRO *et al.*, 2014; SANTOS, 2014).

Um ponto a ser destacado é que o melhoramento de plantas abrange todos os recursos tecnológicos disponíveis a fim de agregar vantagens a uma espécie vegetal, estando tais vantagens totalmente alinhadas com a melhora do conteúdo genético da espécie trabalhada e sua relação com o ambiente em que será cultivada (BORÉM, 2013), favorecendo que as novas cultivares possibilitam além do aumento da produtividade, maior resistência a pragas e patógenos.

Segundo a Lei nº 9.456/97 de Proteção de Cultivares, cultivares são genótipos e fenótipos tecnicamente selecionados e registrados no Serviço Nacional de Proteção aos Cultivares (SNPC), com base nas características que as tornam diferenciadas e ideais para cultivo, resultantes dos processos de melhoramento vegetal (BRASIL, 1997). As cultivares apresentam características fisiológicas distintas, sejam relacionadas a resposta fisiológica ao estresse ambiental (estresse hídrico por exemplo) ou a determinado padrão de resistência a um agente prejudicial (ex: praga, químico) (SILVA *et al.*, 2008).

Ademais, referente às hortaliças, estas diferenciam-se entre si e suas respectivas cultivares nas exigências nutricionais e no padrão de absorção durante o crescimento (CATÃO *et al.*, 2014; LEITE *et al.*, 2014).

Como sabemos, algumas condições do meio podem interferir no desenvolvimento inicial das sementes. A Capacidade de Troca de Cátions (CTC), o pH, o teor de matéria orgânica, a salinidade e a temperatura são propriedades importantes para germinação das sementes (SCHMITZ *et al.*, 2002)

A temperatura, que na maioria das sementes apresenta influência na velocidade e na porcentagem de germinação, altera a velocidade de absorção de água e das reações metabólicas das reservas necessárias para a sobrevivência da plântula. Temperaturas elevadas alteram a permeabilidade das membranas e promovem desnaturação de proteínas necessárias à germinação, enquanto as baixas temperaturas retardam as atividades metabólicas, propiciando redução no percentual de germinação e atraso no processo germinativo (SIMON *et al.*, 1976).

Outrossim, uma solução salina pode ser capaz de reduzir sua absorção inicial de água (FERREIRA E REBOUÇAS, 1992), sendo a sensibilidade a maiores ou menores concentrações de sais no meio uma característica particular de cada espécie e variedade de planta, e os efeitos no rendimento da cultura poderão ser influenciados por outros fatores como natureza osmótica, tóxica ou nutricional (VIANA *et al.*, 2004; LOPES e MACEDO, 2008).

### **3.4. Lixiviado: composição e impactos ambientais**

Os resíduos sólidos depositados em aterros sanitários passam por sucessivos processos de degradação dos compostos orgânicos e inorgânicos, promovidos por mecanismos biológicos e físico-químicos que são catalisados pela presença de água existente na umidade inicial dos resíduos somado as águas provenientes das chuvas. A bioconversão dos resíduos resulta no processo de estabilização da matéria orgânica, que ocorre em quatro etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (CASTILHOS JUNIOR *et al.*, 2003).

A sequência de eventos para bioconversão dos resíduos sólidos no aterro sanitário geram subprodutos como biogás e chorume. O chorume por sua vez, é diluído pela água presente no meio, originando assim o lixiviado (MANNARINO *et al.*, 2013). Segundo Costa *et al.* (2018) o lixiviado é um líquido viscoso com cor escura, odor desagradável, constituído por compostos inorgânicos, orgânicos, biodegradáveis e recalcitrantes.

Assim, as características do lixiviado dependem de fatores associados, como a composição do resíduo descartado, clima, fatores hidrológicos, padrões de precipitação pluviométrica e da idade/tempo de funcionamento do aterro (LEE; NIKRAZ; HUNG, 2010), sendo importante ressaltar que essas características variam em função do tempo e da fase em que se encontra o aterro (SOUTO, 2009).

Essencialmente, o lixiviado possui uma carga de compostos orgânicos, nitrogênio amoniacal e sais orgânicos; os diferentes estados de oxidação do nitrogênio resultante da atividade biológica presente tanto na massa dos resíduos quanto no sistema de drenagem do aterro podem causar: toxicidade aos peixes, redução do oxigênio dissolvido, crescimento excessivo de bactérias filamentosas, fungos, micro e macro algas e outros organismos vivos, que ocasiona desordem no equilíbrio do ambiente natural favorecendo o processo de eutrofização (SILVA, 2002; CARDILLO, 2006; SOUTO, 2009).

A pesquisa desenvolvida por Diniz (2016) constatou falhas no tratamento do lixiviado do aterro sanitário da cidade de Ponta Grossa - PR, onde verificou comprometimento da

qualidade das águas da bacia do rio Cará-cará, em virtude dos resultados de suas análises, que constataram o não atendimento da legislação (CONAMA, 2005) e não apropriadas para o abastecimento público, sendo um potencial risco para saúde da população. Bragagnolo *et al.* (2018), também constataram que o lixiviado gerado no aterro sanitário de Palmeira das Missões - RS afeta a qualidade da água subterrânea local.

No trabalho de Santos Filho *et al.* (2003) foi comprovado que uma população residente próxima a um aterro a céu aberto é impactada pelos contaminantes ali presentes, foi examinado a presença de praguicidas organoclorados no sangue das pessoas e os mesmos foram detectados na maioria da população do estudo, além disso, Sisinnio e Moreira (1996), constataram a presença de metais tóxicos presentes no solo aos arredores de um aterro controlado, além da baixa qualidade da água dos poços de monitoramento, com presença de coliformes e grande carga orgânica.

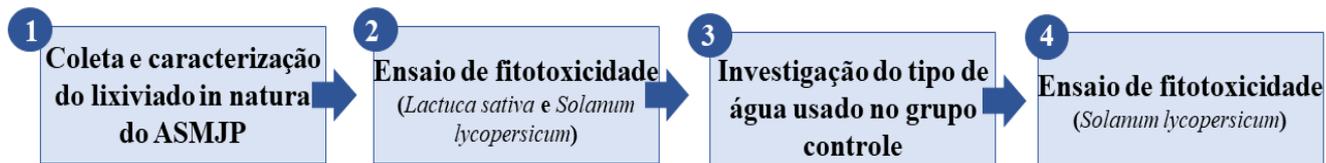
O processo de percolação do lixiviado que ocorre entre as células do aterro sanitário e a iminência de contaminação do solo e aquíferos, requer estruturas de engenharia que devem atender aos critérios da NBR 13896 (ABNT, 1997) a fim de evitar tais contaminações por meio da correta impermeabilização do aterro. Entretanto, o estabelecimento do aterro sanitário provoca alterações na qualidade do terreno, onde se faz necessário o desenvolvimento de tecnologias de recuperação dessas áreas (OLIVEIRA, 2010).

Ademais, no Brasil há critérios de engenharia e normas técnicas bem estabelecidas, para o condicionamento e tratamento correto do lixiviado de aterro sanitário, sendo os tratamentos convencionais classificados em recirculação, biológicos e físico-químicos. As lagoas de estabilização são as principais formas de tratamento (biológico) dos lixiviados de aterros sanitários, principalmente devido às condições climáticas favoráveis e disponibilidade de área territorial (CAMPOS, 2011).

#### 4. METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido em quatro etapas como visto no escopo geral do trabalho na Figura 2.

Figura 2 - Etapas metodológicas da pesquisa.



Fonte: Autora (2021)

Primeiramente, o lixiviado in natura utilizado no experimento foi coletado do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa-PB (ASMJP), no dia 13/04/2021, armazenado em recipientes plásticos e acondicionado no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal da Paraíba (LABSAN) para caracterização físico-química.

Adiante, na segunda etapa foi realizado o ensaio de fitotoxicidade, empregando 3 cultivares de cada semente estudada, detalhadas no Quadro 2, seguindo os procedimentos de Sobrero e Ronco (2004).

Devido ao baixo desempenho de germinação das 3 cultivares das sementes de *Lactuca sativa* (alface) e *Solanum lycopersicum* (tomate) no controle negativo usado (água destilada do laboratório da UFPB) e considerando que alguns parâmetros durante o teste poderiam ter interferido no resultado como: pH da água, fonte da água, temperatura, volume de amostra, quantidade de sementes por placa, decidiu-se investigar a fonte da água, visto o retorno presencial do grupo de pesquisa ao laboratório depois de muito tempo devido à pandemia de COVID-19, onde poderia haver alguma contaminação na água destilada do laboratório.

Em seguida, na terceira etapa, investigou-se o tipo de água utilizada como controle negativo para germinação das sementes de hortaliças. Utilizou-se sementes das cultivares (043 - Alface Grandes Lagos Americana e 260 - Tomate IPA6) que foram as quais germinaram em contato com o lixiviado in natura no ensaio de fitotoxicidade da segunda etapa.

Por fim, como quarta e última etapa desta pesquisa e em continuidade às investigações de fatores interferentes no baixo desempenho de germinação das sementes, investigou-se dois parâmetros: volume de amostra e tamanho de placa, utilizando apenas sementes de *Solanum lycopersicum* (tomate) com lixiviado in natura e o controle negativo

adotado após a análise da terceira etapa. Ressalta-se que devido às limitações impostas pela pandemia da COVID-19 a autora desta pesquisa não pode executar presencialmente esta etapa, sendo realizadas pela equipe a qual compunha: grupo ECOTOX – UFPB.

#### 4.1. Coleta e caracterização físico-química do lixiviado

O lixiviado utilizado na pesquisa foi proveniente do ASMJP, localizado no Engenho Mussuré, na fazenda Mumbaba III, zona sul de João Pessoa, próximo a BR-101. O Aterro recebe resíduos sólidos urbanos de seis municípios: Cabedelo, Conde, Santa Rita, Bayeux, Pedras de Fogo, Mamanguape, Marcação, Caaporã e Baía da Traição (JOÃO PESSOA, 2021). O efluente utilizado foi o lixiviado in natura, coletado diretamente da saída de uma das células do ASMJP (UTM 283246.39 mE, 9201543.72 mS) conforme Figura 3.

A coleta da amostra foi realizada no dia 13/04/2021. O armazenamento do lixiviado (10L) foi realizado em recipientes plásticos (5L), e conduzido para o acondicionamento (em temperatura de 4°C) no LABSAN.

Figura 3 - Coleta do lixiviado no ASMJP em um dos tanques de decantação.



Fonte: Souza (2019)

#### 4.1.1. Caracterização físico-química

A caracterização físico-química das amostras de lixiviado in natura ocorreu mediante a determinação de parâmetros físico-químicos (Quadro 2), seguindo Standard Methods (APHA, 2017). Os ensaios foram realizados no Laboratório de Saneamento (LABSAN) no Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), campus sede.

Quadro 2 - Parâmetros e métodos utilizados para a caracterização do lixiviado in natura coletado em 13/04/2021.

Parâmetros	Métodos (APHA, 2017)	
Alcalinidade Total (AT (mg CaCO <sub>3</sub> /L))	Titulação Potenciométrica	Método 2320 B
Cloretos (mg Cl/L)	Argentométrico (Método de <i>Morh</i> )	Método 4500 - Cl B
Cor (mg/LPt-Co)	Cor (mg/LPt-Co)	Cor (mg/LPt-Co)
Demanda Química de Oxigênio (DQO (mg O <sub>2</sub> /l))	Refluxação fechada	Método 5220 C
Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> /L)	Salicilato	4500-NO <sub>3</sub> *
Potencial Hidrogeniônico (pH)	Eletrométrico	Método 4500 - H+ B
Sólidos totais (mg/L)	Gravimétrico	Método 2540 G
Sólidos totais fixos (mg/L)	Gravimétrico	Método 2540 G
Sólidos Totais Voláteis (STV (mg/L))	Gravimétrico	Método 2540 G
Turbidez NTU	Nefelométrico	2130 B

\*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 18th, 1992. Fonte: Autora (2021)

#### 4.2. Bioensaio de fitotoxicidade com lixiviado in natura e diferentes cultivares das hortaliças *Lactuca sativa* e *Solanum lycopersicum*

O bioensaio de fitotoxicidade com lixiviado in natura do ASMJP foi realizado no dia 17/05/21, a fim de verificar a sensibilidade de 3 diferentes cultivares (tipos) das seguintes hortaliças: *Lactuca sativa* (alface) e *Solanum lycopersicum* (tomate), descritas no Quadro 3.

Os ensaios de fitotoxicidade aguda com sementes foram realizados seguindo a metodologia proposta por Sobrero e Ronco (2004) com adaptações realizadas por Batista (2016) e SOUZA (2010). As sementes de hortaliças foram escolhidas em função de sua ampla utilização em testes de fitotoxicidade no âmbito acadêmico e suas características semelhantes de período de germinação, tipo de cultivo e sensibilidade (BATISTA, 2016;

SOBRERO e RONCO, 2004). As sementes foram adquiridas em uma loja agrícola especializada no município de João Pessoa-PB.

Quadro 3 - Especificações técnicas das sementes utilizadas no bioensaio de fitotoxicidade do lixiviado in natura do ASMJP.

<b>Espécie/cultivar</b>	<b>Validade</b>	<b>Pureza</b>	<b>Germinação</b>
<i>Lactuca sativa</i>			
033 - Alface Quatro Estações	out./2022	99,30%	84%
028 - Alface Itapuã Super (crespa)	out./2022	99,30%	84%
043 - Alface Grandes Lagos Americana	out./2022	99,30%	84%
<b>Espécie/cultivar</b>	<b>Validade</b>	<b>Pureza</b>	<b>Germinação</b>
<i>Solanum lycopersicum</i>			
270 - Tomate San Marzano	dez./2022	99,70%	94%
260 - Tomate IPA6	dez./2022	99,70%	94%
261 - Tomate Cereja	dez./2022	99,70%	94%

Fonte: Autora (2021)

#### 4.2.1. Procedimento experimental

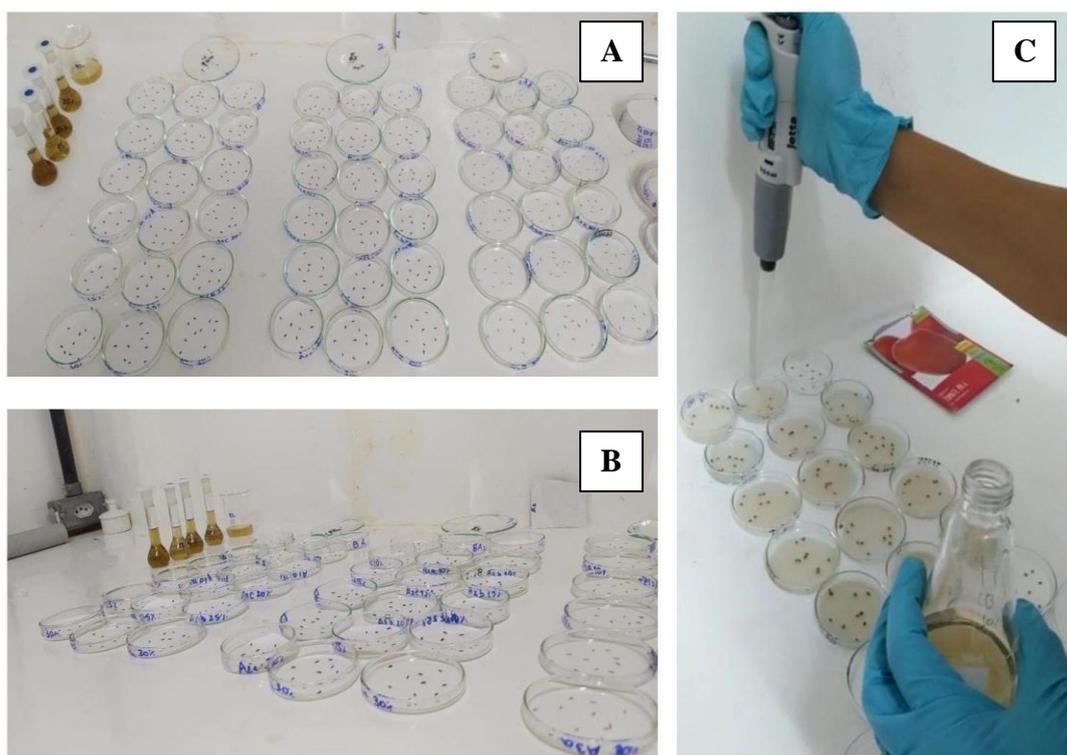
O procedimento foi realizado em placas de Petri, previamente lavadas com água destilada e identificadas. Em seguida, foram inseridos discos de papel filtro qualitativos (marca J. Prolab) como substrato e foram colocadas dez sementes de cada cultivar em suas respectivas placas de Petri com auxílio de uma pinça, de modo que as sementes estivessem distribuídas uniformemente para crescimento das raízes.

Posteriormente, foram adicionados 2 mL do lixiviado in natura em suas devidas diluições nas placas para umedecer o papel, cuidadosamente para não formar bolhas de ar. As placas foram então vedadas com plástico filme do tipo PVC (para evitar perda de umidade durante o teste) e incubadas durante 5 dias (120 horas) à temperatura  $22\pm 2^{\circ}\text{C}$  usando uma incubadora BOD (SOLAB modelo SL 200/334) conforme Figuras 4 e 5.

Para realização dos testes, foram utilizadas as seguintes diluições do lixiviado in natura: 30 %; 25%; 20 %; 15% e 10 %. As diluições foram feitas com o intuito de se obter a concentração que causa efeito em 50% dos indivíduos ( $CE_{50}$ ). O controle negativo utilizado foi a água destilada do laboratório da UFPB. Para a validação do ensaio adotou-se como critérios para o controle negativo: percentual de germinação superior a 90% e o coeficiente de variação inferior a 30% (SOBRERO E RONCO, 2004).

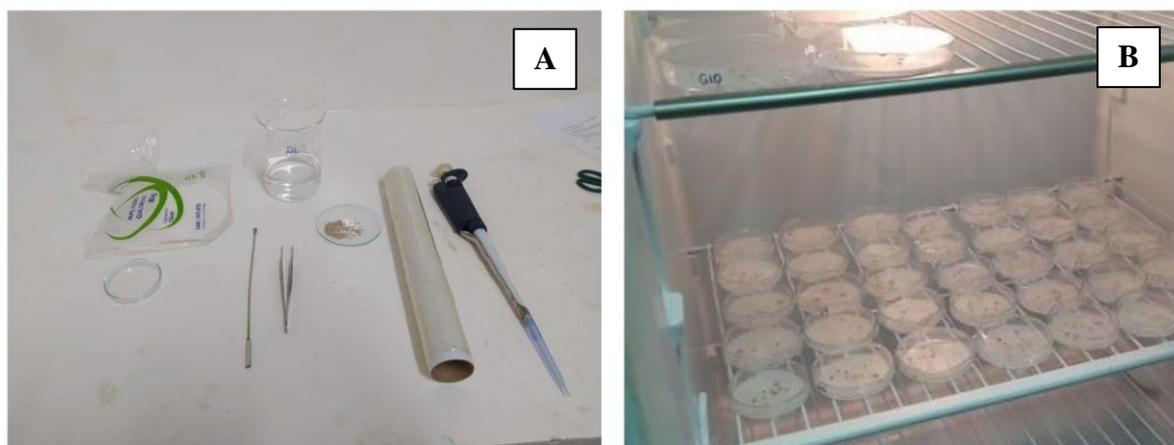
Os ensaios foram realizados em triplicata, totalizando 30 sementes para cada diluição do lixiviado e para o controle negativo, aumentando assim a confiabilidade dos dados. O procedimento foi executado conforme as condições de Batista (2016), as condições experimentais desta etapa estão descritas no Quadro 4. Ao final do ensaio, as raízes das sementes foram medidas com auxílio de régua graduada e foi analisado o Percentual de Germinação (%PG) das sementes.

Figura 4 - Visão geral do preparo do bioensaio de fitotoxicidade. Disposição das das placas (4a), placas com papel filme (4b), adição da amostra (4c).



Fonte: Autora (2021).

Figura 5 - Materiais utilizados para realização do experimento (5a) e placas finalizadas depositadas na incubadora (5b).



Fonte: Autora (2021).

Quadro 4 - Condições de bioensaio de fitotoxicidade com as sementes para o lixiviado in natura.

Fator	Condição utilizada
Temperatura	22°C±2°C
Iluminação	Escuro
Controle negativo	Água destilada
Número de sementes	10 por placas
Volume da amostra	2ml
Duração do teste	120h (5 dias)
Resposta quantificada	Crescimento total da plântula (cm)
Validade dos resultados	Germinação ≥ 90% no controle negativo CV < 30% no controle negativo
Expressão dos resultados	Percentual de germinação

Fonte: Autora (2021)

#### 4.2.2. Percentual de Germinação

O PG é um parâmetro muito utilizado como resposta a toxicidade de efluentes, principalmente quando se trata da análise de toxicidade de agrotóxicos, tendo em vista que as concentrações de nutrientes e compostos contidos no meio aquoso são parâmetros importantes no estímulo para a germinação das sementes, (BRITO *et. al*, 2010). O percentual de germinação das sementes é definido a partir da Equação 1.

$$\% \text{ germinação} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de semententes germinadas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de sementes utilizadas}} \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

#### 4.2.3. Coeficiente de variação

O Coeficiente de Variação representa a variabilidade dos dados em relação à média, ou seja, quanto menor o CV mais homogêneo é o conjunto de dados. Sobrero e Ronco (2004) pontuam que os dados possuem boa homogeneidade quando estão próximos de 30%.

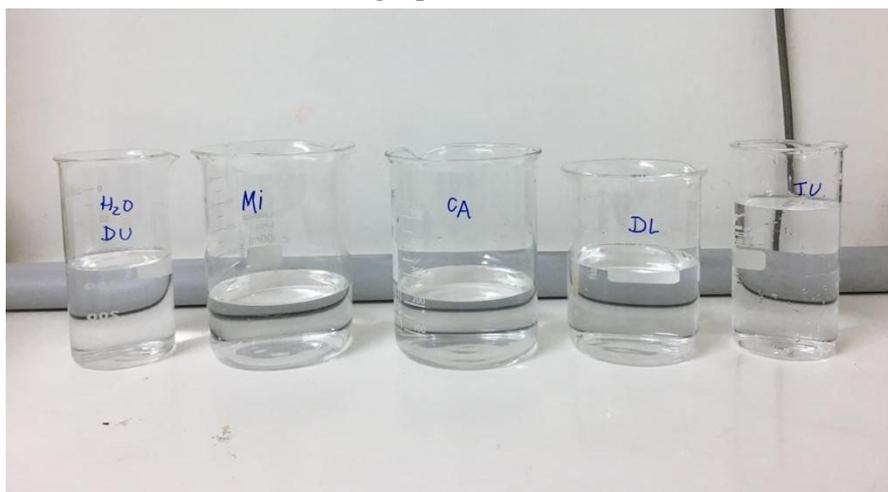
### 4.3. Bioensaios de germinação com investigação dos tipos de água do controle negativo

Com base nas observações experimentais do bioensaio de fitotoxicidade com o lixiviado, decidiu-se investigar o tipo de água utilizada como controle negativo, utilizando

diferentes tipos de água num teste de germinação, sendo utilizada uma cultivar de cada espécie (043 - Alface Grandes Lagos Americana; 260 - Tomate IPA6) que apresentaram melhor resultado na primeira etapa deste trabalho.

Foram avaliadas, no dia 28/05/21 cinco tipos de água (Figura 6): Água bidestilada (**DL**); Água torneira CAGEPA (**CA**); Água da torneira - UFPB (**TU**); Água mineral INDAIÁ (**MI**) (LOT: L21C0073; VAL: 13/02/22); Água destilada - lab ufpb (**DU**). Cada tipo de água foi avaliada em triplicata.

Figura 6 - Tipos de águas investigadas para germinação das sementes do grupo controle.



Fonte: Autora (2021)

#### 4.3.1. Procedimento experimental

O experimento foi realizado nas mesmas condições descritas no tópico 4.2.1, alterando apenas a amostra utilizada, passando a ser utilizada os diferentes tipos de água a serem investigadas. Analisou-se nesta etapa o Coeficiente de Variação (CV), Percentual de Germinação (%PG) das sementes nos diferentes tipos de água aplicados e o crescimento da plântula. A alface americana foi a cultivar escolhida para esse teste por ser a cultivar já utilizada em pesquisas anteriores no grupo ECOTOX - UFPB (SOUZA, 2019). A cultivar IPA6 foi a escolhida para este teste devido ao melhor desempenho na diluição de 10% entre as cultivares no teste de fitotoxicidade. Realizou-se a medição do pH das águas investigadas com pHmetro automático. Ao final do ensaio, as plântulas foram medidas com auxílio de régua graduada e foi analisado o %PG das sementes e utilizou-se o teste de Tukey a 95% de significância para comparação dos resultados.

#### **4.4. Fitotoxicidade do lixiviado in natura com semente de tomate – em condições laboratoriais otimizadas**

O grupo de pesquisa ECOTOX - UFPB realizou diversos ensaios investigativos para determinar uma condição laboratorial otimizada para a realização dos bioensaios de fitotoxicidade quanto %PG e CV (inferior 30%)

No dia 17/08/21 o grupo realizou um bioensaio de fitotoxicidade adaptando o protocolo as condições laboratoriais otimizadas, nesta etapa foram utilizadas apenas sementes de tomate (*Solanum lycopersicum*) e sete diluições do lixiviado in natura. A realização do teste com a semente de alface não foi possível devido às limitações impostas pela à pandemia. Seguiu-se a mesma metodologia descrita no tópico 4.2.1. As adaptações foram quanto ao volume da amostra, tamanho da placa, técnica de higienização prévia das placas de Petri, e diluições da amostra de lixiviado. As condições laboratoriais otimizadas e adotadas foram: 6 mL de amostra líquida, placas de 90 mm, lavagem com ácido sulfúrico a 20% e água destilada, e as diluições do lixiviado in natura de 25%, 20%, 15%, 10%, 5%, 2,5% e 1%.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Caracterização do lixiviado

A caracterização do lixiviado foi realizada pelo grupo de pesquisa ECOTOX - UFPB e está descrita na Tabela 1. Nota-se elevadas concentrações de matéria orgânica (DQO = 9000 mg O<sup>2</sup>/L) e cloretos (aproximadamente 3999 mg Cl-/L).

Tabela 1 - Caracterização do lixiviado bruto ASMJP realizada pelo grupo de pesquisa ECOTOX - UFPB.

PARÂMETROS			
pH	8,0	Cloretos (mg Cl/L)	3998,8
Cor (mg/LPt-Co)	8912,9	DQO (mg O <sup>2</sup> /l)	9000,0
Turbidez NTU	277,0	Sólidos totais (mg/L)	37781,0
Alcalinidade Total (mg CaCO <sup>3</sup> /L-1)	10914,0	Sólidos totais voláteis (mg/L)	5477,0
Amônia (mg CaCO <sup>3</sup> /L)	2260,5	Sólidos totais fixos (mg/L)	32305,0
Nitrato (mg N-NO <sup>3</sup> /L)	0,1		

Fonte: Autora (2021).

A amostra avaliada do lixiviado in natura do ASMJP apresentou pH alcalino 8,0, forte coloração 8912,9 mg/LPt-Co, alta concentração de íons cloretos 3998,8 mg Cl/L, sólidos totais 37781,0 mg/L, sendo os sólidos fixos 32305,0 mg/L constituem a maior parcela dos sólidos totais, cerca de 80%, o que representa a fração inorgânica e /ou inerte dos sólidos presentes no efluente. A elevada coloração pode ser relacionada com a presença de substâncias húmicas, cuja constituição geral é humina, ácidos húmicos e fulvicos, sendo estes compostos de difícil degradação biológica. (QUEIROZ *et al.*, 2011; OULEGO *et al.*, 2016 GOMES *et al.*, 2009)

Analisando individualmente alguns indicadores físico-químicos, observa-se o valor de pH 8,0 alcalino é característico de lixiviado estabilizado, como o do ASMJP em funcionamento há 17 anos (JOÃO PESSOA, 2021), e também relacionado aos elevados teores de alcalinidade que corroboram para um lixiviado altamente tamponado, com baixíssima variação de pH (MOOD e TOWNSEND, 2017). A Alcalinidade Total (AT) também está diretamente relacionada à decomposição bioquímica dos resíduos (MAHAPATRA, 2011), sendo a faixa esperada para aterros com idade intermediária (5 a 10 anos) variam de 5687 a 6000 mg.L-1 (ZIYANG *et al.*, 2009) e para o lixiviado em questão

obteve-se 10914,0 mg.L<sup>-1</sup>, tal concentração mais elevada está de acordo já que a operação do ASMJP já dura 17 anos.

## 5.2. Bioensaio de Fitotoxicidade com lixiviado in natura e diferentes cultivares das hortaliças *Lactuca sativa* e *Solanum lycopersicum*

### 5.2.1. Fitotoxicidade - Alface - Cultivares

No Quadro 5 encontram-se os dados de Porcentagem de Germinação (%PG), Coeficiente de Variação (CV) e Crescimento Médio (CM) das plântulas das sementes das cultivares de alface resultante do teste fitotoxicidade, com a água destilada do laboratório da UFPB empregada como controle negativo.

Quadro 5 - Valores de Porcentagem de Germinação (%PG), Coeficiente de Variação (CV) e Crescimento Médio (CM) das plântulas das 3 cultivares da espécie *Lactuca sativa*.

	<i>Lactuca sativa</i>								
	Alface Quatro Estações			Alface Crespa			Alface Americana		
Diluições	%PG	CV	CM	%PG	CV	CM	%PG	CV	CM
<b>BRANCO</b>	93%	57%	2.16 cm	17%	57%	0.14 cm	100%	69%	1.87 cm
[30%]	0%	0	0	0%	0	0	0%	0	0
[25%]	0%	0	0	0%	0	0	0%	0	0
[20%]	0%	0	0	0%	0	0	0%	0	0
[15%]	0%	0	0	0%	0	0	0%	0	0
[10%]	0%	0	0	0%	0	0	0%	0	0

**Legenda:** %PG: porcentagem de germinação; CV: coeficiente de variação; CM: crescimento médio. Fonte: Autora (2021).

Percebe-se no grupo controle negativo (branco) que as cultivares quatro estações e americana germinaram acima de 90%, mas com resultado de CV que ultrapassou muito o recomendado de 30%, logo, nenhuma das cultivares da espécie *Lactuca sativa* alcançou os critérios adotados para o grupo controle de %PG superior a 90% e o CV inferior a 30% (SOBRERO e RONCO, 2004) para validação do teste de fitotoxicidade.

Para as cultivares da *Lactuca sativa*, observa-se no Quadro 5 que não houve germinação das sementes em nenhuma das diluições do lixiviado in natura, demonstrando a sensibilidade das três cultivares ao lixiviado mesmo que diluído, havendo ainda uma baixa homogeneidade dos dados de germinação entre as cultivares, considerando os altos índices de coeficiente de variação dos grupos controle.

Já com relação a média do crescimento da plântula, a germinação das sementes mesmo no grupo controle se apresentaram abaixo da média do crescimento comparado a resultado de Souza (2019), que utilizou as mesmas condições experimentais, mesmo tipo de amostra e cultivar e obteve média de crescimento de 5.37 cm no grupo controle do experimento para *lactuca sativa* (americana). Nascimento (2021) também em mesmas condições experimentais e com o mesmo tipo de amostra obteve com as sementes da alface o crescimento das raízes que variaram de 0,96 a 3,23 cm em diluições de 1% a 11.39% (a autora não definiu qual cultivar da espécie utilizou). Porém, não há um padrão normatizado para ser tomado como referencial técnico.

### 5.2.2. Fitotoxicidade - Tomate - Cultivares

No Quadro 6 estão expostos os dados de %PG, CV e CM das plântulas das sementes das cultivares de tomate resultantes do teste fitotoxicidade com lixiviado in natura.

Quadro 6 - Valores de %PG, CV e crescimento médio das plântulas das 3 cultivares da espécie *Solanum lycopersicum*.

	<i>Solanum lycopersicum</i>								
	Tomate Cereja			Tomate IPA 6			Tomate San Marzano		
Diluições	%PG	CV	CM	%PG	CV	CM	%PG	CV	CM
<b>BRANCO</b>	93%	39%	3.33 cm	93%	74%	2.45 cm	77%	40%	2.63 cm
[30%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[25%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[20%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[15%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[10%]	73%	81%	0.29 cm	93%	62%	0.44 cm	40%	89%	0.13 cm

**Legenda:** %PG: porcentagem de germinação; CV: coeficiente de variação; CM: crescimento médio. Fonte: Autora (2021).

Como se pode observar (Quadro 6), as cultivares Cereja e IPA6 alcançaram %PG maior que 90% ficando abaixo apenas cultivar San Marzano com 77%, no grupo controle negativo. Porém, assim como para a espécie *Lactuca sativa* nenhuma das cultivares da espécie atenderam aos critérios de CV inferior a 30% no controle negativo (SOBRERO e RONCO, 2004) para validação do teste de fitotoxicidade.

Já referente aos dados de germinação do lixiviado in natura em diluição de 10% no Quadro 6, percebe-se que apenas a cultivar IPA6 apresentou %PG acima de 90%. Quanto ao crescimento a cultivar IPA6 obteve maior CM da plântula com 0.44 cm e a San Marzano o

menor CM com 0.13 cm. Os dados de CV foram acima de 60% o que demonstra a baixa homogeneidade dos dados de germinação das sementes.

Com relação à média do crescimento das plântulas que germinaram na diluição de 10% da amostra, os resultados demonstram desempenho dentro do possível se comparados aos resultados de Nascimento (2021) que em mesmas condições experimentais com o mesmo tipo de amostra obteve das sementes de tomate crescimento das raízes que variaram de 1,36 a 3,11 cm em diluições de 1% a 11.39% (a autora não definiu qual cultivar da espécie utilizou). Porém, também não há um padrão normatizado para espécie para ser tomado como referencial técnico.

Não foi possível calcular o CE50% para nenhuma das espécies, pois não houve germinação das sementes nas diluições do lixiviado in natura com as sementes testadas, exceto na diluição de 10%, para 3 cultivares da espécie para *Solanum lycopersicum* e nem o controle negativo. Ambas as espécies das hortaliças testadas não atendeu aos critérios exigidos como validação para testes de fitotoxicidade (SOBRERO e RONCO, 2004), tornando-se necessário a verificação das condições experimentais que poderiam ter interferido na germinação das sementes no controle negativo para posterior repetição dos ensaios com lixiviado.

### 5.3. Bioensaios de germinação com investigação dos tipos de água do controle negativo

#### 5.3.1. pH das águas investigadas

O resultado do pH das águas utilizadas foram medidos e apresentaram-se numa faixa entre levemente ácido e neutro, como visto na Tabela 2.

Tabela 2 - pH das águas utilizadas no teste.

Água	pH
CAGEPA	6.0
Mineral	6.3
Destilada UFPB	7.1
Bidestilada	7.3
Torneira UFPB	7.3

Fonte: Autora (2021).

O pH das águas está na faixa ou próximo da neutralidade, contribuindo para uma boa condição de germinação. É sabido que águas ácidas ou alcalinas, ao serem utilizadas para irrigação de culturas podem provocar problemas nutricionais e toxicidade para as plantas, também sendo capaz de prejudicar a germinação de sementes (DUARTE, 2006). Segundo Dornelas *et al.* (2004), a germinação das sementes de alface não é afetada significativamente pelo pH na faixa de 3 a 9.

Valores de pH maiores de 6,5 podem prejudicar as membranas celulares dos ápices radiculares, o que afeta negativamente os processos de absorção seletiva de íons e nutrientes (TRANI *et al.*, 2007; LOPES *et al.*, 2007).

### 5.3.2. Germinação da alface - Americana

Na Tabela 3 têm-se os dados da %PG, CV e CM da plântula da cultivar Americana nos diferentes tipos de água.

A maior %PG foi de 93% para à água bidestilada (ADL) com CV de 92% e CM de 1.57 cm, e a menor %PG foi de 77% na água da CAGEPA (ACA) que obteve CV de 99% e o menor CM de 1.18 cm.

Nota-se que os CVs foram muito altos, sendo o menor percentual de 92% para água bidestilada (ADL) e o maior de 114% para água da torneira (ATU UFPB), demonstrando baixíssima homogeneidade dos dados de germinação independente do tipo de água utilizada.

Tabela 3 - Desempenho de germinação alface americana nos diferentes tipos de água.

Tipo de água	Alface americana ( <i>Lactuca sativa</i> )		
	CM	CV	%PG
ADL	1.57 A	92%	93%
ADU	1.54 A	105%	80%
ATU	1.55 A	114%	83%
ACA	1.18 A	99%	77%
AMI	1.69 A	93%	90%

**Legenda:** ADL: Água bidestilada; ADU: Água destilada - lab UFPB; ATU: Água da torneira - UFPB; ACA: Água de abastecimento CAGEPA CM: comprimento médio da plântula medido em cm; %PG: Porcentagem de germinação; Amostras de cada semente que compartilham uma letra (A), não apresentam diferença significativa entre si, pelo teste de Tukey com 95% de significância. Fonte: Autora (2021).

Os resultados expostos na Tabela 3 demonstrou o desempenho de germinação da *Lactuca sativa* - americana bem abaixo do esperado se comparado aos resultados de Souza (2019), que utilizou a mesma metodologia e a mesma cultivar num teste de fitotoxicidade, e obteve para o grupo controle do teste (apenas com água destilada do laboratório da UFPB) uma média de crescimento da plântula de 5.36 cm, %PG de 100% e CV 7%.

### 5.3.3. Germinação do Tomate - IPA6

Os dados da %PG, CV e CM da plântula para a espécie *Solanum lycopersicum* - IPA 6 e diferentes tipos de água podem ser vistos na Tabela 4.

Com relação a %PG obteve-se a maior porcentagem (97%) para água TCA com CV de 31% e CM de 5 cm, e a menor %PG de 87% para TTU com CV de 47% e CM de 4.90 cm.

Notam-se CVs com melhor homogeneidade dos dados se comparados a espécie *Lactuca sativa*, onde o menor CV foi de 28% para água bidestilada (TDL), com %PG de 93% e CM de 5.44 cm, sendo o maior CV de apenas 49% para água mineral (TMI), com %PG de 93% e CM de 4.05 cm.

Tabela 4 - Desempenho de germinação do Tomate IPA6 nos diferentes tipos de água.

Controle negativo	Tomate IPA6 ( <i>Solanum lycopersicum</i> )		
	CM	CV	%G
<b>TDL</b>	5.44 A	28%	93%
<b>TDU</b>	4.79 A	42%	90%
<b>TTU</b>	4.90 A	47%	87%
<b>TCA</b>	5.00 A	31%	97%
<b>TMI</b>	4.05 A	49%	93%

**Legenda:** TDL: Água bidestilada; TDU: Água destilada - lab UFPB; TTU: Água da torneira - UFPB; TCA: Água de abastecimento CAGEPA; TMI: Água mineral INDAIÁ. CM: comprimento médio da plântula medido em cm; %G: Porcentagem de germinação; Amostras de cada semente que compartilham uma letra (A), não apresentam diferença significativa entre si, pelo teste de Tukey com 95% de significância. Fonte: Autora (2021).

Os resultados expostos nas Tabelas 3 e 4 demonstraram que, para ambas as espécies, não houve diferença significativa sobre o desempenho de germinação das sementes nos diferentes tipos de água. Esses resultados estão de acordo com o obtido por Priac *et al.* (2017) que em seu estudo investigou quatro águas (destilada, mineral, osmose reversa e ultrapura) do grupo controle e não encontrou diferença significativa entre as mesmas, considerando os

resultados de taxa de germinação e crescimento da plântula. Sendo assim, constatou-se que o controle negativo utilizado não foi a variável que estava interferindo nos ensaios de germinação das sementes estudadas.

#### 5.4. Fitotoxicidade do lixiviado bruto em semente de tomate – condição otimizada

Na Tabela 5 estão descritos os dados de %PG, CV e CM da plântula do teste fitotoxicidade para as sementes da hortaliça *Solanum lycopersicum* (san marzano) usando água destilada da UFPB como controle negativo. Percebe-se que o experimento atingiu os critérios adotados de percentual de germinação superior a 90% e o coeficiente de variação inferior a 30% (SOBRERO e RONCO, 2004) para o grupo controle para validação do teste de fitotoxicidade.

Tabela 5 - Fitotoxicidade de diferentes diluições do lixiviado bruto do ASMJP sob sementes de *Solanum lycopersicum*.

Diluições	% PG	CV	CM
<b>BRANCO</b>	100%	23%	5.49 cm
[25%]	0%	0%	0
[20%]	0%	0%	0
[15%]	0%	0%	0
[10%]	0%	0%	0
[5%]	90%	65%	0.58 cm
[2,5%]	93%	35%	4.81 cm
[1%]	100%	27%	5.15 cm

Fonte: Autora (2021)

Nota-se nas diluições do lixiviado in natura em que houve germinação, maior %PG de 100% na concentração de 1%, com CM de 5,15 cm e menor %PG de 90% na diluição de 5% com CM de 0,58 cm. Na diluição de 2,5% a %PG foi de 93% com CM de 5,15 cm.

O resultado de germinação das sementes nas diluições do lixiviado citadas anteriormente reforça que apesar de conter elevadas concentrações de contaminantes como a DQO, em baixas concentrações, esses poluentes podem tornar-se nutrientes que estimulam o crescimento das raízes das hortaliças e só a partir de determinada concentração que se

observa o efeito de inibição ou retardo de crescimento (LI *et al.*, 2017; ZULKEPLI *et al.*, 2019). Ademais, como a amostra utilizada no experimento não é fresca, sendo armazenada a alguns meses tal fato pode ter corroborado para o resultado de germinação nas diluições de 1%, 2,5% e 5%, visto que, de acordo com Nascimento (2021) o lixiviado fresco é mais fitotóxico que o lixiviado preservado.

## 6. CONCLUSÃO

Neste trabalho, não foi possível avaliar diferença de sensibilidade entre as cultivares das hortaliças *Lactuca sativa* e *Solanum lycopersicum* devido a problemas operacionais com o grupo controle negativo do ensaio que teve CV acima de 30%, o que demonstrou a necessidade de analisar os parâmetros laboratoriais do bioensaio visando a padronização.

A investigação do tipo de água utilizado no grupo controle demonstrou que não houve diferença significativa para o desempenho de germinação das cultivares das hortaliças americana cv. (*Lactuca sativa*) e IPA 6 cv. (*Solanum lycopersicum*), inferindo-se que outras variáveis operacionais estavam interferindo na germinação e homogeneidade dos dados para ambas as sementes.

No bioensaio de fitotoxicidade com sementes de *Solanum lycopersicum* (san marzano) com condição laboratorial otimizada, observou-se que o grupo controle negativo alcançou os resultados necessários para validação do teste e percebeu-se que nas baixas diluições do lixiviado in natura houve estímulo da germinação das sementes. Porém, o grupo de pesquisa ECOTOX- UFPB continua investigando condições otimizadas para os testes de fitotoxicidade com hortaliças para elaboração de um protocolo.

## 7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13896:** Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

APHA. Standard Methods for the Examination of Waste and Wastewater. 23rd ed., American Public Health Association, Washington, DC., 2017.

BETTIOL, C. et al. Assessment of phenolic herbicide toxicity and mode of action by different assays. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, p. 7398-7408, 2016.

BORÉM, Aluízio *et al.* **Melhoramento de Plantas**. 6. ed. Viçosa: Editora Ufv, 2013. 523 p. Disponível em:

[https://www.academia.edu/45600612/Melhoramento\\_de\\_Plantas\\_6a\\_ed\\_Alu%C3%ADzio\\_Bor%C3%A9m\\_Editora\\_UFV](https://www.academia.edu/45600612/Melhoramento_de_Plantas_6a_ed_Alu%C3%ADzio_Bor%C3%A9m_Editora_UFV). Acesso em: 06 maio 2021.

BRANDALISE, João Nelci. **Avaliação ecotoxicológica da cinza de casca de arroz**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

BRAGAGNOLO, Lucimara *et al.* QUALIDADE DO LIXIVIADO E SUA INTERFERÊNCIA NA ÁGUA SUBTERRÂNEA ADJACENTE AO ATERRO SANITÁRIO DE PALMEIRA DAS MISSÕES (RS). *Rega*, Porto Alegre, v. 15, n. 8, p. 1-22, nov. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. **Lei de Proteção de Cultivares**. Brasília, Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19456.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19456.htm). Acesso em: 20 fev. 2021.

CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges de *et al* (org.). Principais processos de degradação de resíduos sólidos urbanos. In: CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges de (org.). **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades**. Rio de Janeiro: Rimaeditora, 2003. p. 19. Disponível em: <https://livroaberto.ibict.br/handle/1/492>. Acesso em: 14 abr. 2021.

CAMPOS, F. **Lixiviado de Aterro Sanitário, Impactos e Alternativas de Tratamento**. Revista TAE, Santo André, p. 18-24, 2011. Disponível em: <https://www.revistatae.com.br/Artigo/433/lixiviado-de-aterro-sanitario-impactos-e-alternativas-de-tratamento>. Acesso em: 15 nov. 2021.

BATISTA, Mariana Medeiros. **Eficiência do processo foto-fenton solar em um fotorreator piloto no pós-tratamento do lixiviado do aterro sanitário metropolitano de João Pessoa**.

2016. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

CARDILLO, L. Tratamento de Chorume: uma etapa cara e necessária. **Revista de Limpeza Pública**. 2006, v. 62, p. 25. Disponível em: [http://www.ablp.org.br/revistaPDF/edicao\\_0062.pdf](http://www.ablp.org.br/revistaPDF/edicao_0062.pdf). Acesso em: 14 abr. 2021.

CATÃO, Hugo Cesar Rodrigues Moreira et al. Aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação de sementes de alface em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 316-322, 2014.

CONAMA. Resolução CONAMA 357/2005, de 17 de Março de 2005. Dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, Ministério do Meio ambiente, 2005.

CONAMA. Resolução CONAMA 430/2011, de 13 de Maio de 2011. Dispõem sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução nº357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2011.

CASTRO, Flávia Junqueira de. **Avaliação ecotoxicológica dos percolados das colunas de cinza de carvão e de solos com cinza de carvão utilizando *Lactuca sativa* e *Daphnia similis* como organismos testes**. 2013.119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

COSTA, Aline Rocha de Paiva. Revitalização do Rio Golandim (RN/Brasil) após décadas de contaminação por efluentes industriais e domésticos: este rio está recuperado?. 2012. 88 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Cultura e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

CHANG, A. C.; GRANATO, T. C.; PAGE, A. L. **A methodology for establishing phytotoxicity criteria for chromium, copper, nickel, and zinc in agricultural land application of municipal sewage sludges**. *Journal of Environmental Quality*, v. 21, n. 4, p. 521-536, 1992. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jeq1992.00472425002100040001x>. Acesso em: 14 abr. 2021.

COSTA, Carla Regina *et al.* A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, set. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v31n7/v31n7a38.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

COSTA, Wlysses Wagner Medeiros Lins *et al.* Avaliação Da Concentração De Metais Pesados Presentes No Lixiviado Produzido No Aterro Sanitário Em Campina Grande – PB. In: 1º CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 1., 2018, Gramado. **Anais [...]** . Gramado: Ibeas - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2018. p. 1-5. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2018/XI-009.pdf>. Acesso em: 04 maio 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n. 01, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da União. Brasília, 17 de fevereiro 1986. Disponível em: [http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_1986\\_001.pdf](http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf). Acesso em: 22 de abr. 2021

DINIZ, Laura Carolina. **Avaliação do chorume produzido pelo aterro sanitário da cidade de Ponta Grossa na qualidade das águas da bacia do Rio Cará-cará.** 2016. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

DÖR, Fabianne et al. Ecotoxicologia. In. OGA. Seizi; CAMARGO. Márcia Maria de A. e BATISTUZZO. José Antonio de O. (Org.). FUNDAMENTOS DE TOXICOLOGIA. 4º ED. São Paulo: Atheneu Editora, 2014. p. 134-147.

DORNELAS CSM; BRUNO RLA; COSTA RS; SOUSA DMM; SILVA EE; MOURA MF; SANTOS SS. 2008. Influência do pH da água de embebição das sementes na germinação de alface. **Horticultura Brasileira** 26: S4616-S4619

EMBRAPA. WARLEY MARCOS NASCIMENTO. (ed.). **Produção de Mudanças de Hortaliças.** 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212768/1/Producao-de-Mudas-de-Hortalicas.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2021.

DUARTE, A. S. Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annun L.*). 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

FERREIRA, L.G.R.; REBOUÇAS, M.A.A. Influência da hidratação/desidratação de sementes de algodão na superação dos efeitos da salinidade na germinação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.4, p.609-615, 1992.

FIRMINO, Rafaelle Gomes; DA FONSECA, Márcia Batista. Uma visão econômica dos impactos ambientais causados pela expansão da agricultura. Análise da Competitividade da

Cotonicultura no Estado do Mato Grosso do Sul: Aplicação da Matriz de Análise de Política (MAP), p. 32, 2008.

GAZOLA, Letícia et al. Análise das legislações estaduais brasileiras sob ensaios ecotoxicológicos como ferramenta no controle de lançamento de efluentes industriais. 2020.

GOMES, N. A. Análise da toxicidade do lixiviado gerado em uma célula do Aterro Sanitário em Campina Grande – PB. 2017. 86 fls. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/1272>. Acesso em: 15 abr. 2021.

GERBER, M.; LUCIA, T.; CORRÊA, L. B.; PEREIRA NETO, J. E.; CORRÊA, É. K. Phytotoxicity of effluents from swine slaughterhouses using lettuce and cucumber seeds as bioindicators. *Science of the Total Environment*, v. 592, p. 86-90, 2017

GOMES, Luciana Paulo et al. Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras. **Rio de Janeiro: ABES**, 2009.

ISO, 1995. Soil quality—determination of the effects of pollutants on soil flora. Part 2: Effects of chemicals on the emergence of higher plants. International Organization for Standardization, Geneve, Switzerland. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/51382.html>. Acesso em: 21 abr. 2021

JOÃO PESSOA. Seplan e Emlur acompanham estudos para aumentar vida útil do aterro sanitário. Disponível em: <https://www.joaopessoa.pb.gov.br/noticias/secretarias-e-orgaos/seplan-e-emlur-acompanham-estudos-para-aumentar-vida-util-do-aterro-sanitario/>. Acesso em: 09 mar. 2021.

LARUCCIA, Mauro Maia. Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil. **Revista ENIAC pesquisa**, v. 3, n. 1, p. 69-84, 2014.

LEITE, Islanny Alvino et al. AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Adenantha pavonina* L. SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO. **Biodiversidade**, v. 17, n. 3, 2018.

LEE, A. H.; NIKRAZ, H.; HUNG, Y. T. Influence of Waste Age on Landfill Leachate Quality. **International Journal of Environmental Science and Development**, v. 1, n. 4, p., 347-350, 2010. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.674.8216&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 18 abr. 2021.

LIMA, Marcelo de Oliveira. Amazônia, uma história de impactos e exposição ambiental em paralelo à instalação de grandes empreendimentos na região. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 7, n. 2, p. 9-11, 2016.

LI, G.; CHEN, J.; YAN, W.; SANG, N. A comparison of the toxicity of landfill leachate exposure at the seed soaking and germination stages on *Zea mays* L. (maize). **Journal of Environmental Sciences (China)**, v. 55, n. 2008, p. 206–213, 2017.

LOURENÇO DE OLIVEIRA, Zorayde. **Avaliação do uso da Moringa oleífera Lam para fitorremediação e tratamento de lixiviados de aterros sanitários**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: [https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5372/1/arquivo2455\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5372/1/arquivo2455_1.pdf). Acesso em: 31 mai. 2021.

LOPES, José Carlos; MACEDO, Célia Maria Peixoto de. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 79-85, 2008.

LOPES, Jane Luísa Wadas et al. Crescimento de mudas de alface em diferentes substratos. **Biotemas**, v. 20, n. 4, p. 19-25, 2007.

MARCOS FILHO, JULIO et al. Germinação de sementes. **Semana de atualização em produção de sementes**, v. 1, p. 11-39, 1986.

MARIANI, Carolina F.. Ecotoxicologia - USP: controle negativo e controle positivo. controle negativo e controle positivo. Disponível em: [http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=143&Itemid=419#Controle](http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=143&Itemid=419#Controle). Acesso em: 26 out. 2021.

MAHAPATRA, Durga Madhab; CHANAKYA, H. N.; RAMACHANDRA, T. V. Role of macrophytes in sewage fed urban lake. **Institute of Integrated Omics and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 8, p. 1-9, 2011.

MANNARINO, C. F.; MOREIRA, J. C.; FERREIRA, J. A.; ARIAS, A. R. L. Avaliação de impactos do efluente do tratamento combinado de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico sobre a biota aquática. **Ciência & Saúde Coletiva** [online], v. 18, n. 11, p.3235-3243, 2013. Disponível em:<https://www.scielo.br/pdf/csc/v18n11/14.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2021.

MAGALHÃES, D. P.; FILHO, A. S. F. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 355-381, 2008.

MAGALHÃES, Regina; VENDRAMINI, Annelise. Os impactos da quarta revolução industrial. **GV EXECUTIVO**, v. 17, n. 1, p. 40-43, 2018.

MENDES, Pablo Machado et al. Aprimoramento do ensaio fitotoxicológico com germinação de sementes de alface: confiabilidade e acurácia do método. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 18178-18184, 2020.

MOODY, Chris M.; TOWNSEND, Timothy G. A comparison of landfill leachates based on waste composition. **Waste Management**, v. 63, p. 267-274, 2017.

OECD - Organização de Cooperação Econômica e Desenvolvimento. LIGNE DIRECTRICE DE L'OCDE POUR LES ESSAIS DE PRODUITS CHIMIQUES. 208. Adoptée. 19, juillet, 2006. Disponível em <https://www.oecdilibrary.org/docserver/9789264070066-en.pdf?expires=1523495113&id=id&accname=guest&checksum=B82F971A72E46C4384C50B383D883107>. Acesso em 21 de Ago. de 2021.

NASCIMENTO, S. C. **Ecotoxicidade de lixiviado de aterro sanitário utilizando minhocas e sementes como organismos-teste**. 2021. 109 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021.

NETO, Antonio Carlos Nogueira; BORRELY, Sueli Ivone; CAVALCANTE, Priscila Souza. Avaliação de toxicidade aguda e crônica em águas do rio Jundiaí e em afluentes e efluentes da ETE Novo Horizonte, Jundiaí, São Paulo. **Inst. de Pesq. Energ. e Nucleares–SP**, 2009.

OECD, 2003. Organisation for Economic Cooperation and Development: OECD guideline 208. Terrestrial plant test: 208; Seedling emergence and seedling growth test. Disponível em: <https://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/33653757.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2021

OECD. Test n. 202: Daphnia sp. Acute Immobilisation Test, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, OECD Publishing, Paris, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1787/9789264069947-en>>, Acesso em: 21 abr. 2021

OULEGO, Paula et al. Impact of leachate composition on the advanced oxidation treatment. **Water Research**, v. 88, p. 389-402, 2016.

OLIVEIRA, Jhulia Fabrinny Rodrigues. Avaliação ecotoxicológica do efluente da ETE-MARATOAN utilizando sementes de Lactuca sativa L. e Cucumis sativus L. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Campus de Crateús, Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2021.

PRIAC, Anne; BADOT, Pierre-Marie; CRINI, Grégorio. Treated wastewater phytotoxicity assessment using *Lactuca sativa*: focus on germination and root elongation test parameters. **Comptes Rendus Biologies**, [S.L.], v. 340, n. 3, p. 188-194, mar. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crvi.2017.01.002>. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28256413/>. Acesso em: 21 abr. 2021.

PEDUTO, Thais Araujo Goya; JESUS, TA de; KOHATSU, Marcio Yukihiro. Sensibilidade de diferentes sementes em ensaio de fitotoxicidade. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 2, p. 200-212, 2019.

PINHEIRO, Giselle Souza et al. Efeito da temperatura sobre a germinação de sementes de cebola. **Scientia Plena**, v. 10, n. 11, 2014.

PAPADOPOULOS I. 1999. Tendências da fertirrigação. In: FOLEGATTI MV. (coord). *Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças* Guaíba: Agropecuária. p. 11-155.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente** Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

QUEIROZ, Luciano Matos et al. Aplicação de processos físico-químicos como alternativa de pré e pós-tratamento de lixiviados de aterros sanitários. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, p. 403-410, 2011.

RAMOS, N. F. L. Avaliação da fitotoxicidade de correctivos orgânicos. 2016. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente)- Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, PT. 2016.

RIETOW, Julio Cezar. **AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ARRASTE DE AMÔNIA COMO PRÉTRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO PARA CODISPOSIÇÃO EM REATORES ANAERÓBIOS TIPO UASB TRATANDO ESGOTO SANITÁRIO**. 2018. 209 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/56028/R%20-%20D%20-%20JULIO%20CEZAR%20RIETOW.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 maio 2021.

RODRIGUES, G.S. Impacto das atividades agrícolas sobre a Biodiversidade: causas e conseqüências. In: Garay, I & Dias, B. (Org.). *Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais*. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2001.

RODRIGUES, G.S. Impactos ambientais da agricultura. In: Hammes, V.S. (Ed.Técnica). *Julgar – Percepção do Impacto Ambiental*. São Paulo: Editora Globo, v. 4, 2004.

ROMANELLI, M. F. Avaliação da toxicidade aguda e crônica dos surfactantes DSS e LAS submetidos à irradiação com feixes de elétrons. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2004.

SANTOS et al. Influência da temperatura na germinação e no vigor de sementes de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. S3609-S3615, 2014.

SANTOS FILHO, Eladio *et al.* Grau de exposição a praguicidas organoclorados em moradores de aterro a céu aberto. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 515-522, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/rsp/2003.v37n4/515-522/pt/>. Acesso em: 01 jun. 2021.

SILVA, A. C. **Tratamento do Percolado de Aterro Sanitário e Avaliação da Toxicidade**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2002. Disponível em: [http://www.snatural.com.br/PDF\\_arquivos/Efluente-Tratamento-Chorume.pdf](http://www.snatural.com.br/PDF_arquivos/Efluente-Tratamento-Chorume.pdf). Acesso em: 14 abr. 2021.

SILVA, Carlos Bernard Moreno Cerqueira *et al.* **MELHORAMENTO DE PLANTAS variabilidade genética, ferramentas e mercado**. Brasília: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2018. 100 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/185597/1/Melhoramento-de-plantas.pdf>. Acesso em: 06 maio 2021.

SILVA, J.N.; MATTIOLO, S.R. Fitotoxicidade do dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) em sementes de alface (*Lactuca sativa*). São Paulo: Centro Tecnológico da Marinha (CTMSP), 2011.

SILVA, Alison Alexandrino Lima da. Avaliação da fitotoxicidade do lodo de curtume compostado através de bioensaios. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014.

SILVA, A. dos S. **Análise de componentes tóxicos em resíduos sólidos urbanos**. 2016. 161 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2016. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/1039>. Acesso em: 15 abr. 2021.

SIMÕES MS, Madail RH, Barbosa S, Nogueira MDL. 2013. Padronização de bioensaios para detecção de compostos alelopáticos e toxicantes ambientais utilizando alface. **Revista**

**Biotemas** 26: 29–36. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2013v26n3p29/25297>.

Acesso em: 22 abr. 2021.

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Cad. Saúde Pública** [on-line]. 1996, vol. 12, nº 4, p. 515-523.

SOUTO, G. D. B. **Lixiviado de aterros sanitários brasileiros: estudo de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar ("stripping")**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento). Universidade Federal de São Carlos (USP). São Carlos. 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-19022009-121756/publico/TeseGabrielSouto.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2021.

SOUZA, Tallyson Tavares Cunha. **Sementes De Hortaliças Aplicadas Na Fitotoxicidade De Lixiviado Bruto E Tratado Por Foto-fenton Solar**. 2019. Monografia. Universidade Federal da Paraíba.

Schmitz, J. A. K.; Souza, P. V. D. de.; Kämpf, A.N. 2002. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. *Ciência Rural*, 32 (6): 973-944.

TAIZ, Lincoln *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582713679/cfi/887!/4/2@100:0.00>.

Acesso em: 20 fev. 2021.

TRANI, Paulo Espíndola et al. Avaliação de substratos para produção de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 256-260, 2007.

United States Environmental Protection Agency (USEPA) (1989) **Protocols for short term toxicity screening of hazardous waste sites**. US EPA 600/3-88/029, Corvallis. Disponível em: <https://bityli.com/dnzwh>. Acesso em: 16 abr. 2021.

USEPA. United States Environmental Protection Agency 2002 Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to marine and estuarine organisms. Technical Report. 3rd ed. U.S. EPA-821-R-02-014. 2002. Acesso em: 16 abr. 2021.

VIANA, S.B.A.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; CARNEIRO, P.T. Índices morfofisiológicos e de produção de alface sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.23-30, 2004.

VERTUCCI, C.W.; LEOPOLD, A.C. Dynamics of imbibition by soybean embryos. **Plant Physiology**, v.72, n.1, p.190-193, 1983.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E.; GOLDSTEIN, E.G.; SOUZA, H. B. de. Avaliação de toxicidade em sistema de tratamento biológico de afluentes líquidos. In: Revista DAE. São Paulo, v. 52, n. 166. P. 01 - 06. 1992.

ZIYANG, Lou et al. Natural attenuation and characterization of contaminants composition in landfill leachate under different disposing ages. **Science of the Total Environment**, v. 407, n. 10, p. 3385-3391, 2009.

ZULKEPLI, M. H. A. B.; SHAHID, N. S. B. M.; ISHAK, A. R. B.; SHAFIE, F. A. B; YATIM, S. R. B. M.; RAJAN, S. Phytotoxicity of leachate from closed sanitary landfill on Mung Bean Seed ( *Vigna radiata* ). p. 189–192, 2019.

Fez incorretamente a sinalização devida ou deixou de fazê-la

Interrompeu o funcionamento do motor sem justa razão, após o início da prova

Provocou movimentos irregulares no veículo sem motivo justificado

Observação: candidato demonstrou pouca prática e dirigiu muito em segunda marcha



*Emitido em 26/11/2021*

**RELATÓRIO Nº 03/2021 - CBIOTEC- CCB (18.60.01.01)**  
**(Nº do Documento: 3)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 10/12/2021 17:17 )*  
**SILDIVANE VALCACIA SILVA**  
*COORDENADOR DE CURSO*  
*1652922*

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpb.br/documentos/> informando seu número: **3**,  
ano: **2021**, documento (espécie): **RELATÓRIO**, data de emissão: **10/12/2021** e o código de verificação:  
**a17378dd21**