

AValiação DA TOXICIDADE DO LODO DA ESTaÇÃO DE TRATAMENTO DE GURJAÚ UTILIZANDO DIFERENTES SEMENTES COMO BIOINDICADORES

Shara Sonally Oliveira de Sousa; Patrícia Batista de Andrade; Marcos Pereira de Araújo; Rossana Barbosa Pragana; Rosângela Gomes Tavares.

sharaoliveirassos@gmail.com

RESUMO: O lodo quando disposto no meio ambiente causa consequências para a biocenose. O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito tóxico de alumínio presente no lodo da ETA na germinação e inibição do crescimento de espécies vegetais. As sementes foram expostas a diferentes concentrações do alumínio presente no lodo e foram avaliadas quanto aos parâmetros de germinação e inibição do crescimento. As sementes de alface possuem um comportamento de maior inibição no crescimento das raízes. Todas as sementes quando expostas ao sulfato de alumínio apresentam total inibição de germinação. A maior CL50 foi da semente de alface com 77,82%. Já a semente com menor CL50 foi a cebolinha, com 2,95%. A vantagem de ter-se utilizado a análise multivariada se dá pela identificação de comportamentos similares entre as espécies. Pode-se concluir que ao despejar um lodo da ETA à 100% em pequenas concentrações há inibição das sementes mais sensíveis.

Palavras Chave: Resíduo Sólido, Alumínio, Indicadores.

EVALUATION OF THE TOXICITY OF SLUDGE FROM THE GURJAÚ TREATMENT PLANT USING DIFFERENT SEEDS AS BIOINDICATORS

ABSTRACT: The sludge when disposed in the environment causes consequences for the biocenosis. The objective of this work is to evaluate the toxic effect of aluminum present in the sludge of the WTP on germination and growth inhibition of plant species. Seeds were exposed to different concentrations of the aluminum present in the sludge and were evaluated for germination and growth inhibition parameters. The lettuce seeds have a higher root growth inhibition behavior. All seeds when exposed to aluminum sulfate showed total inhibition of germination. The highest LC50 was found in lettuce seeds, with 77.82%. The seed with the lowest LC50 was chive seed, with 2.95%. The advantage of using multivariate analysis is the identification of similar behavior among the species. It can be concluded that pouring a 100% WTP sludge in small concentrations inhibits the most sensitive seeds.

Key Words: Solid Waste, Aluminum, Indicators.

EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD DE LOS LODOS DE LA DEPURADORA DE GURJAÚ UTILIZANDO DIFERENTES SEMILLAS COMO BIOINDICADORES

RESUMEN: Los lodos, cuando se eliminan en el medio ambiente, tienen consecuencias para la biocenosis. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto tóxico del aluminio presente en los lodos de la EDAR sobre la germinación y la inhibición del crecimiento de especies vegetales. Las semillas se expusieron a diferentes concentraciones del aluminio presente en los lodos y se evaluaron respecto a los parámetros de germinación e inhibición del crecimiento. Las semillas de lechuga tienen un mayor comportamiento de inhibición del crecimiento de las raíces. Todas las semillas al ser expuestas al sulfato de aluminio presentan una inhibición total de la germinación. El CL50 más alto fue el de las semillas de lechuga, con un 77,82%. La semilla con el menor CL50 fue el cebollino, con un 2,95%. La ventaja de haber utilizado el análisis multivariante es la identificación de comportamientos similares entre las especies. Se puede concluir que cuando se vierte un lodo de EDAR al 100% en pequeñas concentraciones se produce una inhibición de las semillas más sensibles.

Palabras clave: residuos sólidos, aluminio, indicadores.

1. INTRODUÇÃO

O procedimento padrão para o tratamento da água superficial consiste nos processos de correção de pH, coagulação-floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. Após a etapa de coagulação e floculação, a água é encaminhada para os decantadores, no qual o lodo resultante do processo de coagulação e floculação é sedimentado.

A etapa de coagulação-floculação consiste na inserção do coagulante para formação dos flocos. Um dos coagulantes mais utilizados em Estações de Tratamento de Água (ETA) é o sulfato de alumínio, em razão da alta eficiência na remoção de sólidos em suspensão e pelo baixo custo ¹.

O lodo, separado no processo de sedimentação, quando disposto no meio ambiente, devido as altas concentrações de alumínio, causa consequências para a biocenose, como a diminuição da biodiversidade e contaminação de espécies com os metais presentes no lodo. Além disso, a bioacumulação dos metais pode ocasionar respostas fisiológicas diferentes, podendo inibir o crescimento em certas espécies de sementes, peixes e outros organismos ².

Alguns benefícios associados a aplicação de lodos de ETAs em solos agrícolas para reabilitação do crescimento das plantas, são estes: melhoria estrutural do solo, ajuste de pH, adição de traços de minerais, aumento da capacidade de retenção de água e melhoria das condições de aeração do solo. Desta forma, destinar o lodo no solo pode ajudar na recuperação de áreas degradadas. Todavia o excesso de alumínio presente no lodo pode ocasionar contaminação no solo e provocar a toxicidade dos organismos³. Altos níveis de toxicidade dos metais pesados, associados à facilidade de entrada e acumulação ao longo das cadeias tróficas em ambientes aquáticos e terrestres, compromete a qualidade das águas superficiais, subterrâneas e solos, afetando a biota⁴.

A toxicidade do Al no solo está associada ao pH, pois em solos com pH inferior a 5,5 o Al se apresenta na forma trocável, potencialmente tóxicos; e em solos com pH acima de 5,5, o Al se encontra em formas precipitadas. Ainda, aponta que o excesso de água no lodo com a presença do Al, acarreta a presença de ácidos graxos voláteis, reduzindo o pH do meio e favorecendo a lixiviação do Al⁵.

A toxidez por alumínio é considerada um dos mais importantes limitantes para crescimento das plantas em solos ácidos, principalmente em regiões tropicais e subtropicais que são caracterizados por solos ácidos. Nas plantas os sintomas mais facilmente reconhecido da toxicidade do Alumínio é a inibição do crescimento da raiz. Os sintomas são perceptíveis principalmente quando há ocorrência de necrose nas folhas⁶.

O alumínio pode ser ingerido de várias formas, seja por alimentação, consumo de antiácidos ou ingestão de água potável, por exemplo⁷. Esse contato entre o ser humano e o alumínio mostra-se inevitável visto que este elemento químico encontra-se em uma grande quantidade de produtos. Porém, há uma preocupação no que diz respeito ao alumínio contido na água, já que este apresenta maior capacidade de biodisponibilidade e possuem maior facilidade de absorção no trato gastrointestinal⁸.

A fim de observar os efeitos de um contaminante no ambiente, têm-se a utilização de bioindicadores como ferramenta para análise. Estes têm especificidade para certos impactos, pois várias espécies são vulneráveis a um tipo de poluente e mais resistente a outros⁹. Para investigar a possibilidade de aplicação de água residuária em solo, é fundamental a avaliação de sua toxicidade e, neste caso, os organismos-teste de toxicidade mais adequados são as plantas. Um grande número de plantas pode ser utilizado em bioensaios¹⁰.

Toxicidade é definida como resultados nocivos sobre organismos vivos provocados por substâncias químicas e substâncias próprias do organismo¹¹. Os testes de toxicidade podem ser classificados de acordo com o tempo de exposição, sendo agudo ou crônico. O Tipo agudo compreende qualquer resposta exibida por um organismo-teste ou população resultante de um estímulo químico. O efeito medido neste tipo de teste consiste na letalidade ou alguma outra manifestação do organismo que antecede. Este permite a determinação de valores da concentração tóxica (ce_{50}) que pode causar efeitos adversos sob determinado percentual de organismos-teste e a concentração letal (cl_{50}) de um tóxico em que determinado porcentual de organismos expostos que morrem, através de vários métodos computacionais, onde apontam os valores de concentrações que expressam 50% de letalidade dos organismos¹².

Já os testes do tipo crônico são realizados para medir os efeitos de substâncias químicas em um período de tempo que pode abranger um ciclo de vida do organismo. Estes permitem avaliar os possíveis efeitos tóxicos de substâncias químicas sob condições de exposição

Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2022)- RESMA, Volume 14, número 2, 2022. Pág.162-188.

prolongadas e concentrações sub-letais, que permite a sobrevivência dos organismos. Os resultados também podem ser expressos em CE_{50} e CL_{50} através de equacionais resultantes dos dados obtidos nos ensaios em laboratório¹².

A toxicidade utilizando vegetais vem sendo aplicada na avaliação de efluentes industriais, compostos biossólidos, efluentes de biorreatores anaeróbicos e qualidade de águas, analisando-se o efeito desses sobre o crescimento radicular de diferentes espécies de plantas na etapa inicial do desenvolvimento vegetal¹³.

A diferença de outros testes de toxicidade é que ao analisar as sementes é possível observar a evolução da fitotoxicidade das amostras de maneira direta e sem necessidade de filtração prévia, reduzindo assim as interferências devido ao pré-tratamento e simplificando o procedimento experimental¹⁴.

Quando hidratadas, as sementes produzem um estímulo do crescimento das células, permitindo o crescimento das raízes da planta. Contudo, quando exposta a uma substância tóxica há uma inibição do crescimento dessas raízes. O comportamento de inibição do crescimento das raízes constitui um indicador subletal sensível e evolução dos efeitos biológicos nos vegetais. Sendo assim, este comportamento pode ser analisado em laboratório¹⁴.

Os testes de toxicidade utilizando plantas como modelos demonstram eficiência no monitoramento da toxicidade de poluentes de água e do solo. As vantagens dos biotestes com plantas residem na grande variedade de parâmetros de avaliação como ganho de biomassa, germinação de sementes e o alongamento da raiz e crescimento vegetal¹⁵.

O teste com sementes possui suas limitações. Dentre elas têm-se a questão de não se saber identificar quais são os contaminantes que causam a toxicidade especificamente. Outra questão é o fato de não existir um único método universalizando os testes de toxicidade com sementes para o composto analisado, originando conclusões diferenciadas quando comparadas os períodos que foram realizados os experimentos¹⁶.

Dentre as sementes que podem ser utilizadas, têm-se o teste de toxicidade utilizando semente de milho, que demonstra ser uma ótima ferramenta para análise do efeito tóxico do lixiviado de aterro sanitário, pois, além de possuir baixo custo, ainda têm-se uma rápida execução e alta sensibilidade¹⁰. *Zea mays* (L.) (Semente de milho) é a planta que pertence

Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2022)- RESMA, Volume 14, número 2, 2022. Pág.162-188.

a Classe *Magnoliopsida* (L.), Ordem *Poales* (L.) Família *Poaceae* (L.) e Gênero *Zea* (L.). Este é o cereal mais cultivado do mundo, com produção superior a 840 milhões de toneladas, na safra de 2009/ 2010, e produtividade média de 5.194 Kg há⁻¹, sendo o Brasil o terceiro produtor mundial, depois dos EUA e China¹⁷.

Um grande número de plantas pode ser utilizado em bioensaios de toxicidade. Neste trabalho, também será utilizada a semente de *Solanum lycopersicum*(L.) (semente de tomate) pertencente a classe *Magnoliopsida* (L.), Ordem *Solanales* (L.) Família *Solanaceae* (L.) e Gênero *Solanum* (L.), espécie originada na América do Sul, precisamente na região andina, compreendendo Chile, Bolívia, Peru, Equador e Colômbia¹⁰. Por ser cultivada em regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo, a fruta pode ser utilizada para consumo fresco e para industrialização, destacando-se como segunda cultura horticultural mais cultivada do mundo¹⁷.

A *Lactuca sativa* (L.) (Semente de alface) é a planta que pertencente a classe classe *Magnoliopsida* (L.), Ordem *Asterales* (L.) Família *Asteraceae* (L.) e Gênero *Lactuca* (L.). Originada da região do Mediterrâneo, a alface é a hortaliça folhosa mais importante no mundo sendo consumida, principalmente, *in natura* na forma de saladas¹⁸.

A *Allium cepa* (L.) (Semente de cebolinha) é a planta que pertencente a classe *Magnoliopsida* (L.), Ordem *Asparagales* (L.) Família *Amaryllidaceae* (L.) e Gênero *Allium* (L.). A cebola é uma das plantas cultivadas de mais ampla difusão no mundo, sendo consumida por quase todos os povos do planeta, independente da origem étnica e cultural, constituindo-se em um importante elemento de ocupação da mão-de-obra familiar¹⁹.

Brassica oleracea (L.) (Semente de repolho) é a planta que pertencente a Classe *Magnoliopsida* (L.), Ordem *Brassicales* (L.) Família *Brassicaceae* (L.) e Gênero *Brassica* (L.). É uma espécie de nativa do sul costeiro e da Europa Ocidental. Apresenta alta versatilidade, não apenas por seu valor nutritivo, mas devido ao fato de ser cultivada essencialmente por pequenos agricultores²⁰.

Cucumis sativus (L.) (Semente de pepino) é a planta pertencente a Classe *Magnoliopsida* (L.) Ordem *Cucurbitales* (L.) Família *Cucurbitaceae* (L.) Gênero *Cucumis* (L.).

Esta tem origem na Índia e é um alimento apreciado pela maioria da população brasileira devido ao seu delicado sabor e refrescância, sendo composto por 96% de água²¹.

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito tóxico de alumínio presente no lodo da ETA na germinação e inibição do crescimento de espécies vegetais, em diferentes concentrações, utilizando as estatísticas Man Whitney e multivariada através da análise de agrupamento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho, as sementes que foram utilizadas foram as sementes de *Solanum lycopersicum* (tomate), *Lactuca sativa* (alface), *Allium cepa* (cebolinha), *Brassica oleracea* (repolho), semente de pepino (*Cucumis sativus*) e *Zea mays* (milho). Essas foram expostas a diferentes concentrações do alumínio presente no elutriado do lodo e foram avaliadas quando aos parâmetros de germinação e inibição do crescimento em cada concentração.

2.1. Coleta do Lodo

O lodo utilizado na pesquisa foi proveniente da descarga de fundo do decantador da eta de gurjaú, localizada na cidade do recife-pe. A estação de tratamento de gurjaú (figura 1) produz aproximadamente 9% do volume distribuído na região metropolitana do recife, com uma capacidade de regularização (1.100l/s), cuja principal função é elevar o nível da água até a cota em que se encontra a estação de tratamento. No Rio Sicupema, a vazão serve para regularizar a vazão do Rio Gurjaú através de uma pequena represa, estando recebendo contribuições dos açudes de São Salvador e São Brás. A ETA Gurjaú está localizada no Município de Cabo de Santo Agostinho, têm capacidade de tratamento de 1000l/s e foi construída à jusante da captação²².

A captação é feita em uma pequena barragem, situada na localidade de Gurjaú, no Cabo de Santo Agostinho no qual os mananciais que abastecem são o Rio Gurjaú, Rio Sucupema e Rio Pirapama. A estação de tratamento abrange a ponte dos carvalhos, pontezinha, anel da muribeca, distrito industrial de prazeres, jordão, candeias, barra da jangada, vila da muribeca e parte do recife. Esta é uma estação do tipo convencional que utiliza o coagulante sulfato de alumínio na etapa de coagulação e floculação. A destinação final dos resíduos da ETA de Gurjaú é dado pela retenção no bags²³.

Figura 1- Localização da Estação de Tratamento de Água- Sistema Gurjaú.

Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2022)- RESMA, Volume 14, número 2, 2022. Pág.162-188.



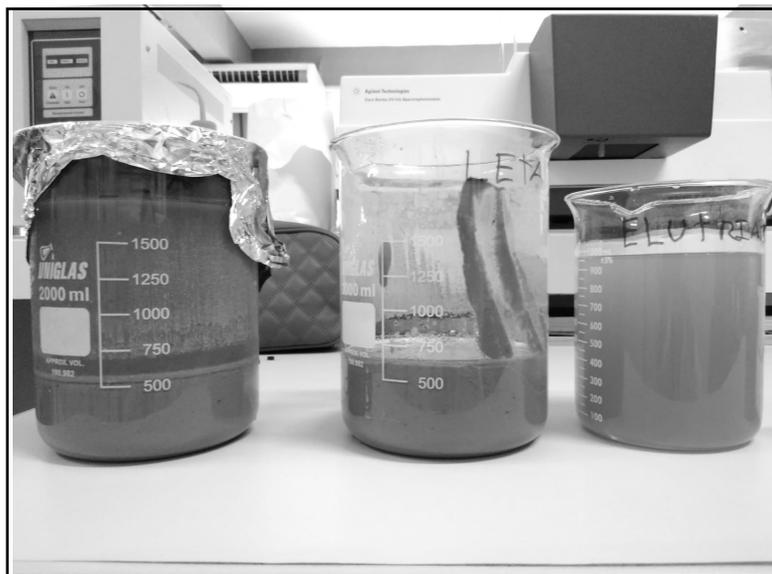
Fonte: Google Earth (2021).

2.2. Caracterização do Lodo e Preparo do elutriato

Neste trabalho, o lodo foi caracterizado apenas por meio da concentração de Alumínio e pH. Esta realizada pelo ITEP- Instituto de Tecnologia de Pernambuco, tanto na amostra líquida (elutriato) quanto da amostra sólida (lodo). Para realização dos ensaios de toxicidade foi realizada a decantação do lodo. A solução foi deixada em um recipiente para sedimentação das partículas grossas do lodo e após 7 dias foi retirado o sobrenadante, denominado elutriato (Figura 2). O elutriato foi utilizado devido à ausência de partículas grossas do lodo que poderiam limitar o efeito da dosagem x resposta.

Sabendo a relação entre o pH a presença do alumínio no lodo, foi analisado o pH do resíduo da ETA em diferentes concentrações a fim verificar se está de acordo com o padrão para lançamento estabelecido pela Resolução CONAMA nº 430/2011.

Figura 2- Lodo da ETA a esquerda e Elutriato a direita.



Fonte- Autor (2021).

2.3. Ensaio de fitotoxicidade com sementes

Os ensaios foram realizados a partir do elutriato nas concentrações de 100 %, 75 %, 50 %, 25 % e 10% e as soluções controle positivo com água destilada e controle negativo com sulfato de alumínio à 1 %. Para realização dos ensaios de toxicidade do lodo na germinação de semente foram utilizadas sementes de alface, tomate, repolho, pepino, cebolinha e milho. Essas possuem facilidade de trabalho em laboratório, disponibilidade no mercado e baixo custo⁵. O teste foi realizado de acordo com ecological effects teste guideline- seed germination/ root elongation teste, desenvolvido pela agência de proteção ambiental²⁴.

As sementes foram adquiridas no comércio da cidade do Recife-PE. O ensaio foi realizado utilizando 10 sementes distribuídas uniformemente em placas de Petri de 9 cm, preenchidas com papel filtro qualitativo e os testes foram realizados em triplicata e na presença de controle negativo (Sulfato de Alumínio à 1%) e água destilada com 5 mL de solução, volume previamente calculado e testado em laboratório para umidificar adequadamente o papel filtro. As placas de Petri com as sementes foram inseridas em uma incubadora à 20 \pm °C por um período de 120 horas (Figura 3).

Figura 3-Ensaio de germinação com sementes de alface.



Fonte- Autor (2021).

Para o teste com semente de milho (Figura 4), adotou-se uma adaptação em relação às demais sementes, devido ao seu tamanho e capacidade de absorção da solução na germinação. As sementes foram uniformemente distribuídas em bandejas de poliestireno 24 x 18 cm, previamente pesadas. O volume inicial de solução inserida foi de 15 mL em cada bandeja. Para avaliar o quanto estava sendo absorvido pela semente foi obtido o peso da bandeja e uma vez ao dia foi umedecido o papel filtro de modo que permanecesse sempre úmido e com o mesmo volume inicial para que houvesse condições para germinação das sementes.

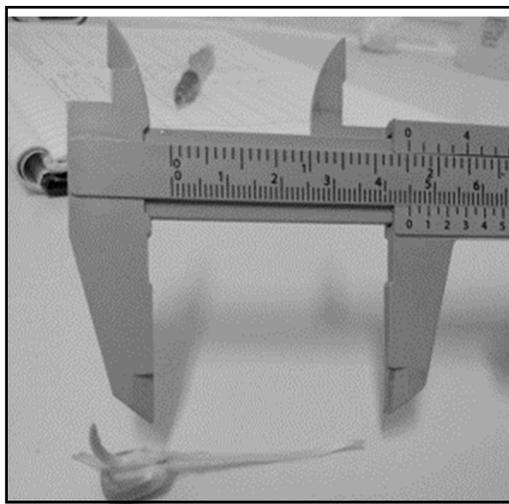
Figura 4- Ensaio de germinação com sementes de milho



Fonte- Autor (2021).

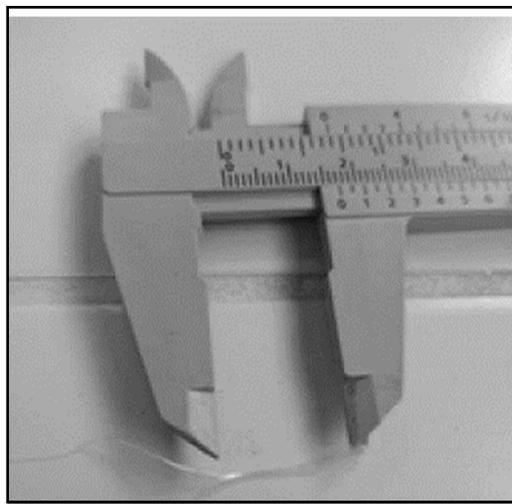
Após o período de incubação, foram observadas em cada placa a germinação e o crescimento das raízes e a contagem das sementes germinadas a fim de compará-las com os respectivos controles negativos e positivos, obedecendo o critério de validação, no qual 98% das sementes do controle devem germinar (Figuras 5, 6 e 7).

Figura 5- Medição da semente de milho.



Fonte- Autor (2021).

Figura 6- Medição da semente de alface.



Fonte- Autor (2021).

2.4. Análise dos resultados

Foi avaliado índice de germinação relativa das sementes (GRS), ou seja, aquelas que apresentaram protusão da raiz e o crescimento relativo da raiz (CRR). As equações (1) e (2) serão utilizadas para calcular o GRS e o CRR das sementes, respectivamente.

$$GRS = \left(\frac{NSGA}{NSGC} \right) \times 100 \quad (1)$$

GRS-Germinação Relativa da semente;

NSGA- número de sementes que germinaram na amostra;

NSGC- número de sementes que germinaram no controle positivo;

$$CRR = \left(\frac{MCRC - MCRA}{MCRC} \right) \times 100 \quad (2)$$

CRR- Crescimento Relativo da Raiz;

MCAR- Média do Comprimento da Raiz na amostra;

MCRC- Média do Comprimento da Raiz no controle positivo.

Para encontrar a concentração letal que provoca a letalidade em 50% dos casos (CL50), os dados foram dispostos em gráfico. A partir da linha de tendência formada com os dados coletado, obteve-se a equação que governa o comportamento para as sementes. Ao conhecer essa, calculou-se o CL50, aplicando o valor na incógnita da equação.

Os valores obtidos foram submetidos a análises estatísticas, a fim de realizar o teste de comparação entre as soluções e a solução controle. Para isso, foi utilizado o *Software* Minitab e o teste de comparação utilizado foi o Mann-Whitney, como foi realizado por Tavares (2019)⁵. É importante ressaltar a natureza do teste de comparação, tratando-se de uma comparação com duas amostras independentes, pois há relação entre o grupo de controle com as soluções testadas.

Como análise complementar foi utilizada a técnica multivariada, para avaliar, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação do conjunto de dados obtidos. Foram utilizadas as médias da germinação e crescimento de semente de cada ensaio, para cada espécie. Como os dados foram expressos em unidades de medidas diferentes, realizou-se a padronização (média zero e variância 1) para assegurar que todas as variáveis contribuíssem igualmente para o modelo, independentemente de escala. A fim de identificar a similaridade dos resultados de germinação e crescimento das sementes, utilizou-se como ferramenta a análise de agrupamento (análise de Cluster - distância euclidiana).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização do Lodo e Preparo do Elutriato

O lodo foi caracterizado quanto a concentração de Alumínio e o pH, tanto na amostra líquida, denominado elutriato, quanto na amostra sólida, o lodo. A concentração do Alumínio total na amostra sólida resultou em 2.098 mg/L. No Elutriato 7,72 mg/L. É importante enfatizar a concentração do Alumínio, principalmente quanto á disposição deste no metal no meio ambiente previsto em legislação. Neste caso, para disposição de efluentes em rios de classe 2 têm-se a resolução CONAMA n° 430/2011, que estabelece padrão para lançamento de efluentes em corpos hídricos²⁴. Porém, tratando-se da disposição do lodo de forma direta ou indireta no solo, havendo infiltração é possível que haja contaminação das águas subterrânea devido a percolação do efluente no substrato. Desta forma, essa norma pode ser consultada neste caso para adoção de medidas de intervenção em áreas contaminadas.

Tabela 1- Concentração do Alumínio nas Parcelas do Elutriato.

Concentração X Diluição (Al)	
100%	7,72 mg/L
75%	5,79 mg/L
50%	3,86 mg/L
25%	1,93 mg/L
10%	0,77 mg/L
0%	0,00 mg/L

Fonte- Autor 2021.

3.2. Índice de Crescimento Relativo das Sementes

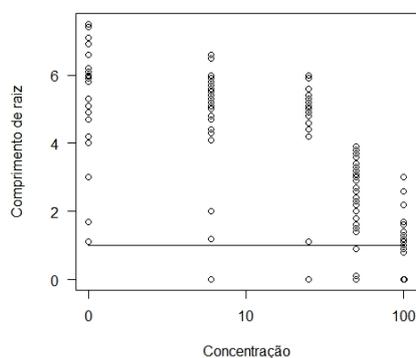
Os ensaios com as sementes de Alface (*Lactuca sativa*), Tomate (*Solanum lycopersicum*), Cebolinha (*Allium cepa*), Repolho (*Brassica oleracea*), Pepino (*Cucumis sativus*) e de Milho Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2022)- RESMA, Volume 14, número 2, 2022. Pág.162-188.

(*Zea mays*). Os resultados obtidos através da protusão das sementes resultaram nas figuras 9,10, 11, 12 e 13, que diz respeito ao comportamento do crescimento das raízes das sementes expostas nas diferentes concentrações (mg/L).

Observa-se que as sementes de alface (Figura 9) possuem um comportamento de maior inibição no crescimento das raízes, quando exposta a concentrações maiores de alumínio. A água destilada apresenta os maiores valores de comprimento de raízes, ultrapassando os 6 cm. Conforme vai aumentando a concentração, aumenta também a inibição do crescimento dessas sementes. Este comportamento evidencia a toxicidade dos compostos presentes no lodo nas sementes.

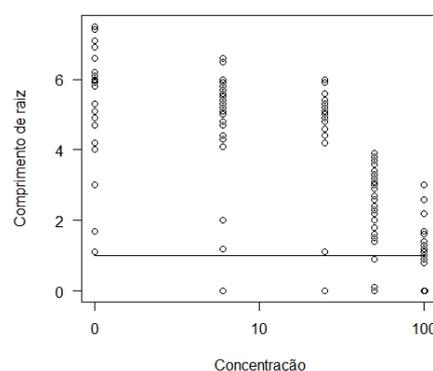
Para o caso da semente de tomate (Figura 10), observa-se o comportamento similar a semente de alface, onde quando maior a concentração maior a inibição do crescimento das raízes. Da mesma forma, o comportamento do controle positivo, com maiores comprimentos acima de 6 cm e evidenciando a toxicidade do lodo. Considerando que a semente de tomate de alface são hortaliças, estas possuem um comportamento similar.

Figura 9- Crescimento relativo da Raiz das sementes de Alface.



Fonte- Autor (2021).

Figura 10- Crescimento relativo da Raiz das sementes de Tomate.

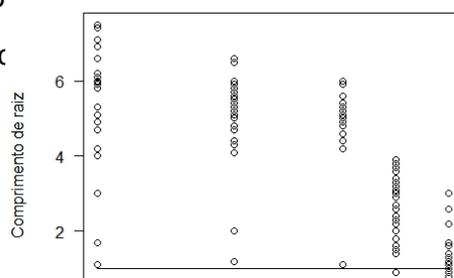


Fonte- Autor (2021).

No que diz respeito as sementes de repolho (Figura 11), o comportamento apresentado segue-se o padrão das hortaliças, evidenciando a maior inibição do crescimento das raízes para maiores concentrações do lodo e o controle positivo com comprimentos de raízes maiores.

Figura 11- Crescimento relativo da Raiz das sementes de Repolho.

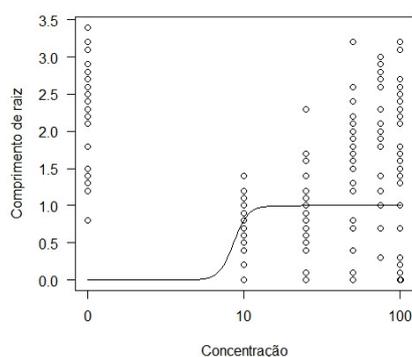
Revista Saúde e Meio Amb
RESMA, Volume 14, númerc



ilho a Dezembro de 2022)-

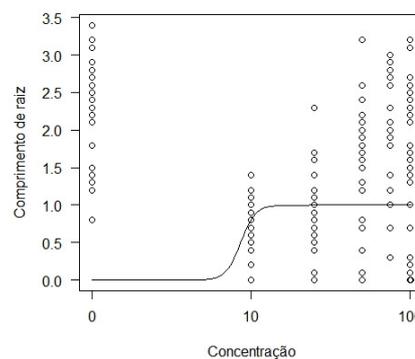
As sementes de cebolinha (Figura 14) e milho (Figura 15) apresentaram um comportamento diferente das demais hortaliças, mas similar entre elas. No que se refere ao controle positivo, apresentaram crescimento no comprimento de raízes. Ao passo que ocorre o aumento da concentração do lodo as sementes germinaram e houve crescimento das raízes. Este pode ter ocorrido devido a sensibilidade diferenciada que estas duas últimas sementes possuem. Uma vez que expostas ao contaminante, continuaram a germinar

Figura 14- Crescimento relativo da Raiz das sementes de Cebolinha.



Fonte- Autor (2021).

Figura 15- Crescimento relativo da Raiz das sementes de Milho.



Fonte- Autor (2021).

O mesmo comportamento de inibição de crescimento com aumento de concentração em seu trabalho sobre aleopatia de extratos aquosos de *Duranta repens* sobre a germinação e o crescimento inicial em sementes e alface e tomate²⁵.

3.3. Índice de Germinação Relativo das Sementes

De forma geral, os resultados de germinação de todas as sementes quando expostas ao controle negativo, ou seja, expostas ao sulfato de alumínio, se apresentam com total inibição de germinação. Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2022)- RESMA, Volume 14, número 2, 2022. Pág.162-188.

germinação. Sabendo que no controle positivo com água destilada todas as sementes germinaram, e, ao passo que foi-se aumentando a concentração de lodo houveram comportamentos diferentes de maior ou menor inibição devido a sensibilidade das sementes. Sabendo que o comportamento de todas as sementes no controle negativo de sulfato de alumínio foi de total inibição, pode-se afirmar que, a inibição de germinação e crescimento de raízes ocorre devido à presença do sulfato de alumínio presente no lodo, evidenciando a toxicidade do composto.

3.4. Avaliação na Maior concentração de Alumínio Concentração Letal nas sementes

A partir do índice de crescimento relativo das plântulas (IRCP) foi possível obter o CL50, ou seja, a concentração em termos de percentual de diluição no qual se observou 50% de inibição do crescimento das plântulas.

Ao inserir os resultados dos índices calculados e suas respectivas concentrações, foi obtido uma equação que simula o comportamento do crescimento das raízes. Observou-se que o comportamento das sementes possui similaridade, por meio das equações obtidas quando inseridos os dados. A partir disso, obteve o CL50 e inserida a porcentagem de 50% na equação que simula o comportamento para a concentração do elutriado que cause 50% de letalidade (Tabela 2).

Tabela 2- CL50 das sementes.

Semente	CL50(%)
Tomate	12,75
Alface	77,82
Cebolinha	2,95
Repolho	11,61
Pepino	12,18
Milho	20,73

Fonte- Autor 2021.

Da mesma maneira que foi realizado com as sementes de alface, obteve-se o CL50, ou seja, a concentração em termos de percentual de diluição no qual se observou 50% de inibição do crescimento das plântulas das sementes. O resultado de maior concentração obtido para a inibição de 50% da população foi da semente de alface com 77,82% da concentração do elutriado, demonstrando que esta é mais resistente ao resíduo. Já a semente com menor CL50

Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2022)- RESMA, Volume 14, número 2, 2022. Pág.162-188.

foi a cebolinha, com 2,95 % demonstrando sua maior sensibilidade, uma vez que possui crescimento de raízes e germinação muito menor que a semente de alface quando exposto ao mesmo resíduo.

As sementes de tomate, repolho e pepino, apresentaram CL50 com resultados aproximados, sendo 12,75%, 11,61% e 12,18, respectivamente, portanto, observa-se que possuem uma sensibilidade similar, porém muito alta uma vez que demonstram a letalidade para concentrações baixas dos resíduos. A semente de milho apresentou a CL50 de 20,73%, o segundo maior resultado entre as sementes, porém ainda demonstra letalidade para concentrações baixas do resíduo.

A exposição de sementes ao Al aumenta a permeabilidade da membrana celular ocasionando maior efluxo dos solutos do interior das sementes, e conseqüentemente, peroxidação lipídica e degradação de proteínas, resultando em menor potencial fisiológico e bioquímico. Desta forma, têm-se a redução dos indicadores de germinação e crescimento das raízes das sementes. Este comportamento pôde ser observado neste trabalho, principalmente quando se eleva a concentração do efluente com Al em sua composição²⁶.

De acordo com a Resolução CONAMA n° 430/ 2011, para efluentes lançados em corpos receptores de água doce Classe 3, e águas salinas e salobras, a concentração do Efluente no Corpo Receptor-CECR deve ser menor ou igual a concentração que não causa efeito agudo aos organismos aquáticos ²⁴.

Desta forma, conforme disposto em legislação, a porcentagem da parcela do elutriado que pode ser disposta em solo, ou corpos hídricos, deve ser menor ou igual à aproximadamente 77%.

3.5. Tratamento estatístico não-paramétrico de Man-Whitney das sementes

O teste não-paramétrico de Mann-Whitney foi utilizado para comparação de dois grupos independentes, ou seja, foi utilizado a fim de testar se o alumínio apresentou efeitos positivo ou negativo sobre a germinação e crescimento em cada semente.

Tabela 2- Resultado do tratamento estatístico utilizando o teste de Man-whitney para todas as sementes.

Resultados estatísticos dos ensaios com as sementes em suas diferentes concentrações						
Concentração	Alface	Tomate	Repolho	Cebolinha	Milho	Pepino

	Valor p ajustado	H*	Valor p ajustado	H*	Valor p ajustado	H*	Valor p ajustado	H*	Valor p ajustado	H*	Valor p ajustado	H*
Branco	-		-		-		-		-		-	
10%	0.201	N**	0.446	N	0.511	N	0.004	D	0.865	N	0.506	N
25%	0.031	D***	0.086	N	0.681	N	0.011	D	0.395	N	0.333	N
50%	0	D	0	D	0.417	N	0	D	0.579	N	0.132	N
75%	0	D	0	D	0.023	D	0	D	0.05	N	0	D
100%	0	D	0	D	0.014	D	0	D	0.79	N	0.001	D
Al2SO4	0	D	0	D	0	D	0	D	0	D	0	D

*H – Hipótese; **N- nulo; ***D – Diferente

Fonte Autor (2021).

O teste não paramétrico de Mann-Whitney, utilizado para comparação de dois grupos independentes, foi utilizado para testar se os compostos presentes no lodo obtiveram efeito positivo sobre a germinação (GR) das sementes. Os resultados demonstraram diferenças significativas ($p < 0,05$) para a GR, indicando que há diferença entre o controle negativo e as Ds concentrações de lodo. Quando $p > 0,05$, não há diferença entre as concentrações.

Ao comparar cada concentração com o controle positivo e negativo, algumas concentrações são similares umas às outras no quesito de crescimento das raízes. Principalmente as concentrações mais baixas, são similares com a controle positivo. Ao passo que se aumenta a concentração a resposta estatística começa a produzir uma similaridade com a o controle negativo de sulfato de alumínio. Portanto, quanto mais a concentração é próxima do controle positivo, são similares. Quanto mais próximas do controle negativo, são Ds.

3.5.1. Semente de *Lactuca sativa*

O teste não paramétrico de Mann-Whitney, utilizado para comparação de dois grupos independentes, foi utilizado para testar se os compostos presentes no lodo obtiveram efeito positivo sobre a germinação (GR) da semente *Lactuca sativa*. Os resultados demonstraram diferenças significativas ($p < 0,05$) para a GR, indicando que há diferença entre o controle negativo e as Ds concentrações de lodo.

Na tabela 2 podem ser observados os valores de p calculados. Estes apresentam a diferenciação que se tem nas concentrações do lodo à exposição as sementes. Observou-se que ao comparar o controle negativo “Branco” com a diluição à 10%, obteve-se $p > 0,05$, logo têm-se uma hipótese nula e, estatisticamente, não há diferença entre o branco e 10% de lodo.

Para as demais concentrações testadas do elutriato (100, 75, 50 e 25%), obteve-se um $p < 0,05$, logo têm-se a hipótese confirmada que há diferença entre o controle negativo e as
Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2022)-
RESMA, Volume 14, número 2, 2022. Pág.162-188.

demais concentrações de lodo. As maiores diferenças testadas ocorrem nas concentrações de 50%, 75% e 100%.

3.5.2. Semente *Solanum lycopersicum*

No que diz respeito aos resultados estatísticos da semente de *Solanum lycopersicum* (Tabela 2) os valores significativos na germinação das sementes apresentam $p < 0,05$, logo estes apresentam grandes diferenças entre o ensaio com concentração o grupo controle de água destilada.

No caso das sementes de tomate, obteve-se o valor nulo ($p > 0,05$) e mais aproximado aos valores da água destilada as concentrações de 10% e 25%, ou seja, semelhantes. Logo estas se aproximam mais do controle negativo e, estatisticamente, não apresentam diferença no comportamento da germinação.

Para o caso das concentrações com 50%, 75% e 100%, apresentam diferenças, uma vez que $p < 0,05$. Portanto, observa-se que quanto mais diluído está o elutriato, mais os valores se aproximam aos valores da água destilada. Observou-se que a partir da concentração de 50% os valores se distanciaram ainda mais dos valores da água destilada.

3.5.3. Semente *Brassica oleracea*

Os resultados da semente de *Brassica oleracea* (Tabela 2) se diferenciaram das sementes de alface e tomate, pois até 50% de concentração os resultados ainda apresentam semelhança, ou seja, $p > 0,05$. A partir de 75% de elutriato, os valores se diferenciam ($p < 0,05$) do valor da água destilada, refletindo assim a sua toxicidade. As sementes de pepino apresentaram o mesmo comportamento das sementes de repolho, com resultados tóxicos a partir de 75% do elutriato.

3.5.4. Semente *Allium cepa*

Para as sementes *Allium cepa* (Tabela 2) observou-se um comportamento diferenciado das demais. Para $p > 0,05$, não houve resultados em nenhuma concentração. Portanto, para o caso desta semente, as concentrações do elutriato refletiram na toxicidade das sementes em todos os casos. Este resultado pode levantar a hipótese de que esta semente possui uma maior sensibilidade. Porém, faz-se necessário outros testes para confirmação. A análise multivariada permite a análise das sensibilidades das sementes comparado com as demais.

Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2022)- RESMA, Volume 14, número 2, 2022. Pág.162-188.

3.5.5. Semente *Zea mays*

Os resultados das *Zea mays* (Tabela 2) apresentaram $p > 0,05$ em todos os casos e em todas as concentrações os valores refletiram diferença com a água destilada. No que diz respeito aos resultados de comparação com o Sulfato de Alumínio à 1%, todas as sementes apresentaram o mesmo comportamento. Sendo estas todas Ds do controle positivo, água destilada.

3.5.6. Semente *Cucumis sativus*

Os resultados da *Cucumis sativus* (Tabela 2), apresentam $p < 0,05$ a partir da concentração de 75% de elutriato, sendo a partir deste, considerado D do controle positivo. Portanto, para as concentrações iniciais de 10%, 25% e 50% os resultados estatísticos não apresentaram diferenças significativas. Desta forma, para esta semente, as menores concentrações do elutriato são apropriadas para destinação do lodo em solos.

Ao comparar os resultados de todas as sementes, observa-se que para as sementes de alface, tomate, pepino e repolho, as menores concentrações do elutriato se assemelham com o controle positivo. A medida que se aproxima da concentração absoluta do elutriato, essas diferenças se apresentam. Já para as sementes de cebolinha e milho, observou-se o comportamento em que para a cebolinha todas estão semelhantes á água destilada e a de milho todas estão Ds. Isto ocorre devido a sensibilidade das sementes quando exposta ao contaminante. A fim de analisar e comparar as sensibilidades entre as sementes e quão resistente elas são ao contaminante têm-se o tratamento estatístico multivariado.

3.6. Tratamento estatístico multivariado

A partir da análise de cluster obteve-se o dendrograma de concentração, germinação e crescimento de sementes. Observa-se que grupos semelhantes foram formados, onde a disposição representada no gráfico indica que indivíduos distanciados são menos dissimilares do que os amplamente distanciados, portanto quanto menor for a distância euclidiana entre tratamentos indica a maior semelhança entre os comportamentos no que diz respeito a concentração, germinação e crescimento das raízes ²⁶.

3.6.1. Tratamento estatístico multivariado de concentração

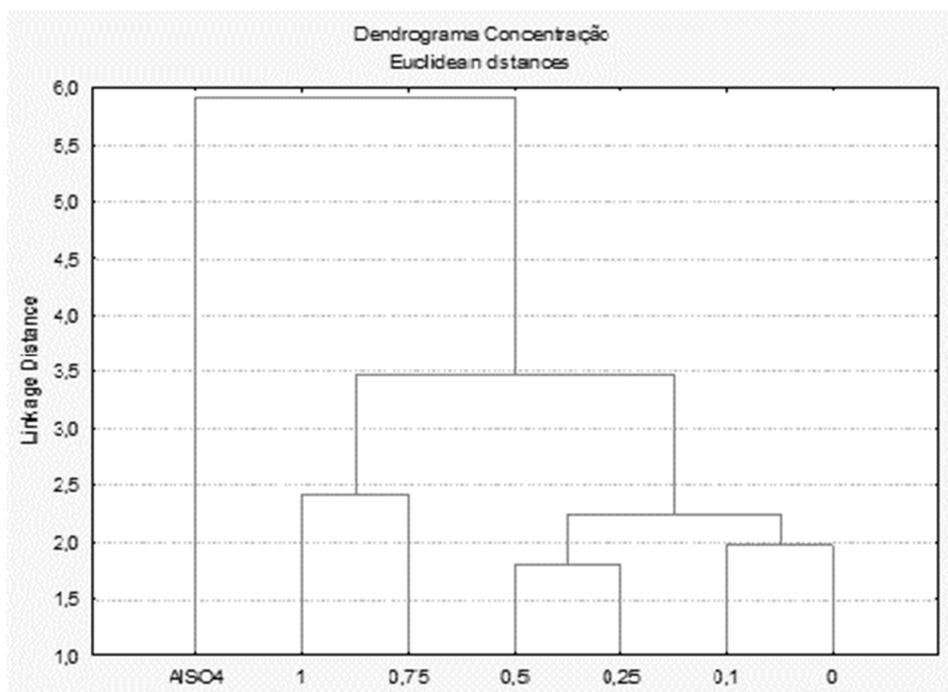
Os grupos formados por meio da análise de cluster das concentrações indicam quais apresentam comportamentos semelhantes (Figura 16). As concentrações com água destilada
Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2022)-
RESMA, Volume 14, número 2, 2022. Pág.162-188.

(0%) e com 10% de elutriato apresentaram comportamento similar de crescimento de raízes, em todos os ensaios. Estes proporcionaram menor inibição de crescimento de raízes, uma vez que possuem as menores concentrações de alumínio. Dessa forma, formou-se um grupo com menor toxicidade.

As concentrações de 25 % e 50 % apresentaram comportamento similares entre si no crescimento também, formando outro grupo. Estes demonstraram maior inibição no crescimento das raízes que o grupo anterior. Os dois grupos, segundo a análise, formaram um grupo maior com um resultado de inibição de crescimento similares entre si, ou seja, menor inibição.

As concentrações de 100% e 75%, apresentaram maior inibição de crescimento que as outras concentrações, portanto, pertencem a outro grupo com maior toxicidade. Já a solução de Sulfato de Alumínio à 1%, utilizada como controle negativo, apresentou total inibição de germinação. Como não há outra concentração similar, possui um comportamento isolado e não forma um grupo.

Figura 16- Dendrograma de concentração.



Fonte- Autor (2021).

O gráfico da análise de Cluster evidencia quais são as concentrações que apresentaram comportamento similares. Estes resultados refletem os obtidos em laboratório, tanto em forma de índice de inibição de crescimento quanto de germinação. Além disso, pode-se observar as similaridades nas diferenças obtidas nos p-valores no teste de comparação utilizado no método de análise estatística anterior a este.

3.6.2. Tratamento estatístico multivariado para Germinação

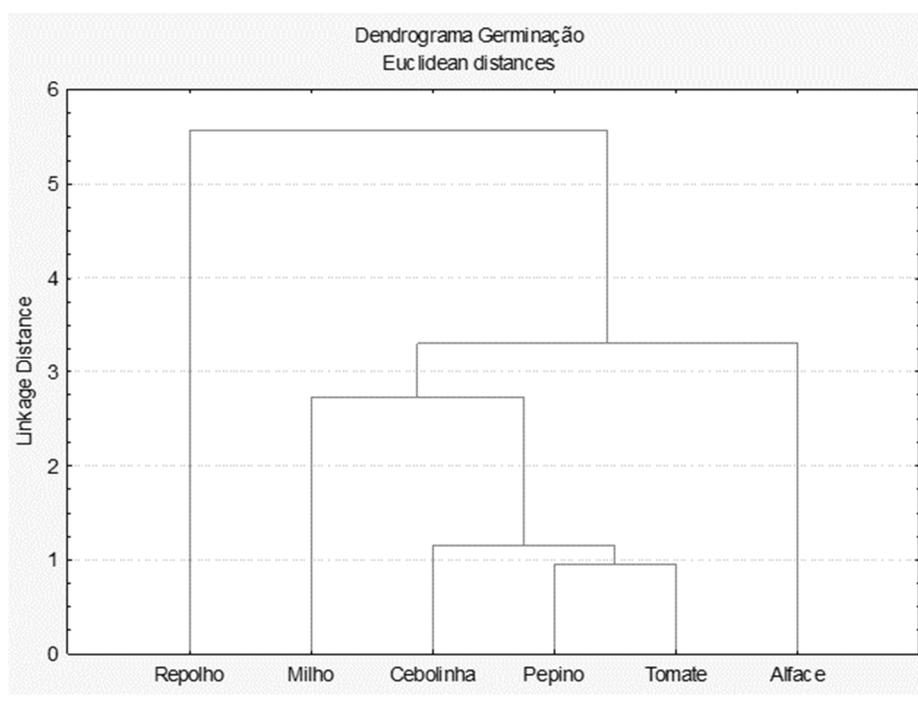
No que diz respeito a germinação, observa-se que no dendrograma as sementes de pepino e tomate possuem comportamento semelhantes, portanto, pertencem ao mesmo grupo com dificuldade de germinação, conforme observado no laboratório. Desta forma, percebe-se que as sementes destas espécies possuem maior sensibilidade na germinação quando expostas ao elutriato.

As sementes de cebolinha possuem um comportamento parecido com as de pepino e tomate, logo, pertence ao grupo com comportamento similar ao grupo das sementes de pepino e tomate (Figura 17). Evidencia-se a maior sensibilidade das sementes destas espécies quando expostas ao alumínio.

Percebe-se no dendrograma que o repolho ficou isolado, esta espécie apresentou o maior número de sementes germinadas dentre os ensaios, indicando maior resistência aos efeitos nocivos do resíduo. As sementes de alface apresentaram o segundo maior resultado em termos de germinação, perdendo apenas para o repolho, indicando assim resistência aos efeitos do alumínio. De forma semelhante ao repolho não formou grupo com outras espécies.

Todos os resultados apresentam coerência com os resultados obtidos em laboratório.

Figura 17- Diagrama de Germinação



Fonte- Autor (2021).

3.6.3. Tratamento estatístico multivariada para crescimento das raízes

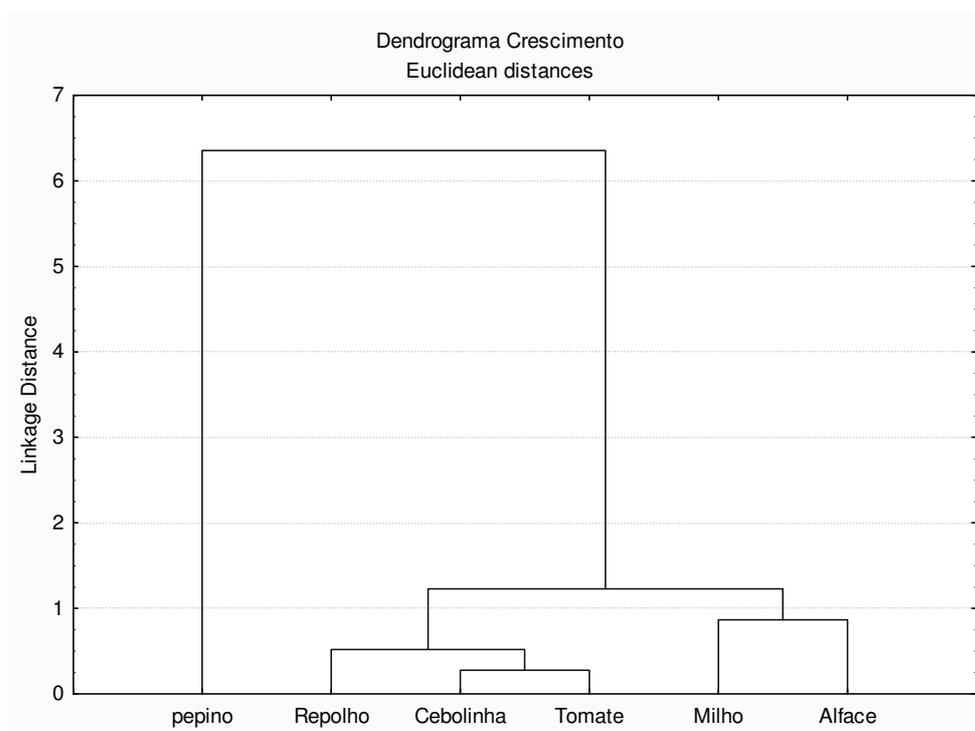
Ao aplicar o método de cluster para diferenciação dos grupos para crescimento das raízes das sementes (figura 18), foi observado que o pepino não formou grupo com as demais espécies, se diferenciando por apresentar maior crescimento, demonstrando maior resistência aos efeitos nocivos do elutriato. Dentre as outras espécies, a cebolinha e o tomate apresentaram maior semelhança entre si no comportamento de crescimento, formando assim um grupo com menor crescimento. Logo, estas possuem maior sensibilidade ao resíduo. Por apresentar comportamento similar com o grupo da cebolinha e do tomate, o repolho formou um grupo

maior com estas espécies, o que diferenciou deste grupo foi sua menor sensibilidade que as demais.

O milho e a alface também apresentaram maior semelhança entre si, formando assim outro grupo que também possuem maior sensibilidade.

O resultado da análise do crescimento das raízes por meio da multivariada se mostrou totalmente coerente com os obtidos em laboratório. Desta forma, observa-se quais são as espécies que possuem maior verossimilhança entre si, no que diz respeito ao comportamento das referidas espécies às diferentes concentrações do alumínio, analisadas por meio dos índices de germinação e crescimento.

Figura 18- Dendrograma de crescimento.



Fonte- Autor (2021).

A vantagem de ter-se utilizado a análise multivariada se dá pela identificação de comportamentos similares entre as espécies, sendo assim, pode ser selecionado um número menor de espécies a serem utilizadas em outros testes, considerando a similaridade entre elas quanto a sensibilidade ao alumínio. Ainda, têm-se a vantagem de se identificar a semelhança no comportamento das diferentes concentrações. Desta forma, se evidencia a questão da Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas (Julho a Dezembro de 2022)- RESMA, Volume 14, número 2, 2022. Pág.162-188.

inibição da germinação e do crescimento à medida que aumenta as concentrações, dando ênfase a toxicidade e a similaridade entre si.

4. CONCLUSÕES

Ao realizar os ensaios com toxicidade, percebeu-se o comportamento de inibição da germinação e crescimento das raízes, à medida que se eleva a concentração do alumínio. No caso da exposição ao sulfato de alumínio a 1%, todas as espécies responderam da mesma forma, com inibição total de germinação. Os índices de crescimento das raízes apresentaram diferentes resultados, evidenciando que cada semente possui uma sensibilidade própria quando exposta ao elutriato.

A partir disto, têm-se que para melhores resultados nas avaliações as sementes que possuem melhores resultados e são mais resistentes são as de alface, pepino, milho e repolho. Já as mais sensíveis são tomate e cebolinha, que apresentaram baixos índices de germinação de crescimento. Por meio da análise multivariada, também foi observado que algumas espécies possuem maior sensibilidade que outras quando expostas ao alumínio, corroborando com os resultados dos índices de germinação e tratamento estatístico.

Pode-se concluir que ao despejar um lodo da ETA à 100% em pequenas concentrações há inibição das sementes mais sensíveis.

REFERÊNCIAS

1. Lemos, K. S.; Aguiar Filho, S. Q.; Cavallini, G. S. Avaliação comparativa entre os coagulantes sulfato de alumínio ferroso e policloreto de alumínio para tratamento de água: estudo de viabilidade econômica. **Revista Desafios**, v. 7, n. 1, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uftv7-7824>
2. Motta Sobrinho, M. A. M.; Tavares, R. G.; Arruda, V. C. M.; Correa, M. M.; Pereira, L. J. R. Geração, tratamento e disposição final dos resíduos das estações de tratamento de água do estado de Pernambuco. 2019. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 4, pag. 761-771, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019175810>
3. Cunha, G. D.; Lima, J. S. V.; Stachiw, R.; Tronco, K. M. Q. Caracterização e destinação ambientalmente corretas do lodo gerado pelas estações de tratamento de água. **Nature and Conservation**, v.12, n.2, p.19-30, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2019.002.0003>

4. Oliveira, J. L. S.; Medeiros, T. K. F.; Lustosa, E. A.; Silva, E. Aplicação da Inteligência Artificial na Remoção de Metais Pesados de Efluentes. In: Almeida, I. M. S.; Guedes, F. L.; El-Deir, S. G.; Menezes, N. S. (Orgs). **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1º ed. Recife: EDUFRPE, 2021, p. 155-166.
5. Tavares, R. G.; Motta Sobrinho, M. A. M.; Pereira, L. J. R.; Correa, M. M.; Arruda, V. C. M.; Melo, R. R. C. 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 (*Lactuca sativa*). **Revista DAE**, v. 67, n. 128, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.040>
6. Gordin, C. R. B.; Marques, R. F.; Rosa, R. J. M.; Santos, A. M.; Scalon, S. P. Q. Emergência de plântulas e crescimento inicial do pinhão manso exposto ao alumínio. **Revista Ciências Agrárias**. v. 34, n. 1, p. 147-156, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n1p147>
7. Oliveira, L. R.; Barros, M. A.; Franco Jr, M. R. **Processo contínuo de adsorção de alumínio em coluna de carvão ativado**. 2014. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.
8. Rosalino, M. R.R. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. 2011. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente), Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.
9. Nishiwaki, A. A. M.; Pinheiro, S. M. G.; Gusmão, L. O.; Silva, E. C.; Santos, A. F. M. S.; El-Deir, S. G. Scarabaeidae Family (Coleoptera) as potential environmental quality bioindicator. **Revista Geama**. v. 3, n. 2, p. 68-77, 2017.
10. Nascentes, A. L.; Pereira, B. C.; Pinho, C. F.; Silva, L. D. B.; Zonta, E.; Ferreira, J. A.; Campos, J. C. Avaliação da toxicidade do lixiviado de aterro sanitário utilizando germinação de sementes de milho. **Revista de estudos ambientais (online)**. V. 21, n.2, p. 20-30, jul./dez. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2019v21n2p20-30>
11. Goldstein, E. G. Testes de toxicidade de efluentes industriais. **Revista Ambiente**, v.2, n. 2, p. 33-38, 1988.
12. Costa, C. R.; Olivi, P. Botta, C. M. R.; Espindola, E. L. G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Revista Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000700038>
13. Guevara, M. D. F.; Mello, A. G.; Correa, E. K.; Guedes, H. A. S.; Correa, L. B.; Nazari, M. T. Fitotoxicidade em águas residuárias domésticas utilizadas sementes como bioindicadores. **Revista DAE**. v. 67, n. 216, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.014>
14. Báez, M.C.D.; Granados, Y. P.; Ronco, A.. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. **Ensayo de toxicidade aguda com el cladóceros Daphnia magna**. 1ed. México: IMTA, 2008.
15. Franco, H. A.; Martins, G. M. O.; Mussel, Y. L.; Moreno, S. C.; Thode Filho, S.; Marques, M. R. C. Ecotoxicidade de lixiviado de Aterro sanitário na Germinação de Sementes de Alface (*Lactuca sativa* L.) e Pepino (*Cucumis sativus* L.). **REA-Revista de estudos ambientais**. v. 19, n. 1, p. 36-43, 2017. DOI: <https://doi.org/10.7867/1983-1501.2017v19n1p36-43>

16. Peduto, T. A. G.; Jesus, T. A.; Kohatsu, M. Y. Sensibilidade de Ds sementes em ensaios de fitotoxicidade. **Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia**. V. 4, n. 2, p. 201-212, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18554/rbcti.v4i2.3698>
17. Oliveira, P.; Nascente, A. S.; Kluthcouski, J.; Portes, T. A. Crescimento e produtividade de milho em função da cultura antecessora. Pesquisa Agropecuária Tropical. Goiânia, v. 43, n. 3, p. 239-246, jul./set., 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000300005>
18. **Fernandes, M. O.; Bianchi, P. A.; Silva, L. R. A.; Vianna, L. S.; Santos, E. A.; Moulin, M. M. Morpho-agronomic characterization and analysis of genetic divergence among accessions of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciência Rural*. V. 48, n. 11, Santa Maria, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180433>**
19. Costa Dg Da, Campos Tmp De, Cesar Rg, Castilhos Zc, Rocha Berc Da. Ecotoxicidade do 2,4 – D a oligoquetas em função do tipo de solo. *Revista Brasileira Herbicida*. 2015; 14: 248- 255. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v14i3.423>
20. Wamser, G. H.; Coimbra, J. L. M.; Guidolin, A. F.; Lannes, S. D.; Dalagnol, G. L. Caracterização de genótipos de cebola com a utilização de marcadores moleculares RAPD. **Revista Ciências Agrônômicas**. v. 45, n. 3, p. 573-580, jul-set, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000300019>
21. **Carvalho, C. A.; Fernandes, K. M.; Matta, S. L. P.; Silva, M. B.; Oliveira, L. L.; Fonseca, C. C. Evaluation of antiulcerogenic activity of aqueous extract of *Brassica oleracea* var. capitata (cabbage) on Wistar rat gastrite ulceration. *Arquivos de Gastroenterologia*. v. 48, n. 4, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0004-28032011000400011>**
22. Nakada, P. G.; Oliveira, J. A.; Melo, L. C.; Gomes, L. A. A.; Von Pinho, E. V. R. Desempenho fisiológico e bioquímico de sementes de pepino nos Ds estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 33, n. 1, p. 113-122, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100013>
23. Compesa- Companhia Pernambucana De Saneamento. **Sistema Gurjaú**. Compesa, Recife/PE. 2016. Disponível em < <https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2016/01/gurjau.pdf>> Acesso em 15 de Abril de 2021.
24. Brasil, Resolução CONAMA N° 430, de 17 de março de 2015. Condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005.
25. Tur, C. M.; Borella, J.; Pastorini, L. H. Alelopatia de extratos aquosos de *Duranta repens* sobre a germinação e o crescimento inicial da *Lactuca sativa* e *Lycopersium esculentum*. **Biotemas**. v. 23, n. 2, p. 13-22, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2010v23n2p13>
26. silverio, J. M.; Santos, C. C.; Bernardes, R. S.; Espíndola, G. M.; Meurer, H. L.; Vieira, M. C. Germinação de Sementes e Vigor de Plântulas de *Arctium lappa* L. submetidas à toxicidade do Alumínio. **Revista**

Brasileira de Engenharia de Biosistemas. v. 15, n. 1, p. 154-167, 2021. DOI:
<http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2021v15n1p154-167>

27. Vicini, L. **Análise Multivariada da Teoria À prática.** 1º Edição. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005.