



AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE LODOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) E DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) ATRAVÉS DE BIOENSAIOS COM SEMENTES DE ALFACE (*Lactuca sativa*) E CEBOLA (*Allium cepa*)

Daiane Liebl¹ e Chaiane Schoen²

Resumo: Os lodos estão entre os principais subprodutos do tratamento de água e esgoto. Uma das alternativas de destinação destes resíduos é sua aplicação na agricultura. Contudo, há limitações devido seus possíveis efeitos tóxicos. Dessa maneira, o presente trabalho avaliou a fitotoxicidade de lodos de estação de tratamento de água (ETA) e de estação de tratamento de esgoto (ETE) através de bioensaios com sementes de alface (*Lactuca sativa*) e cebola (*Allium cepa*). Para tal, foram preparados lixiviados com lodos de ETA e ETE. Os ensaios foram conduzidos com seis concentrações (100, 50, 10, 5, 1 e 0,5%) e dois tratamentos controle. Verificou-se maior sensibilidade das cebolas nas concentrações de 100% e 50% de lixiviado de lodo de ETE. O aumento das concentrações de lixiviado de lodo de ETE ocasionou diminuição do crescimento radicular das alfaces e um baixo índice de germinação foi observado na diluição de 100%. Além disso, o lixiviado de lodo de ETA foi menos tóxico para as sementes do que o lixiviado de lodo de ETE. Sendo assim, a aplicação adequada de lodo de ETE depende da concentração utilizada e o lodo de ETA apresentou resultados promissores para futuro uso agrícola.

Palavras-chave: Fitotoxicidade. Toxicologia ambiental. Lixiviado.

1 Introdução

O crescimento das cidades e aumento populacional traz a necessidade de adoção de sistemas de esgotamento sanitário. Entre os reflexos da expansão desses serviços estão a melhora nos indicadores de saúde e na qualidade de vida, a diminuição da ocorrência de infecções gastrointestinais, e a geração de renda e emprego motivados pela construção e operação das estações de tratamento de esgoto (ETEs) (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018).

Também é de fundamental importância o fornecimento de água, a qual deve ser própria ao consumo humano. Para tal, seu tratamento, realizado previamente ao abastecimento, nas estações de tratamento de água (ETAs), tem o objetivo de remover impurezas e contaminantes, bem como executar correções estéticas e químicas (IBRAHIN, F. I. D.; IBRAHIN, F.J.; CANTUÁRIA, 2015).

Juntos, o tratamento de água e esgoto ocasionam uma série de benefícios à população, entre os quais está a promoção da

saúde pública. Embora esses serviços ainda não alcancem todos os brasileiros, já se nota uma diminuição dos gastos com internações por doenças infectocontagiosas nos hospitais do Sistema Único de Saúde (SUS), passando de R\$ 201,7 milhões em 2004 para R\$ 101,5 milhões em 2016 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018). Além disso, o acesso aos serviços de saneamento básico é capaz de ocasionar o aumento da expectativa de vida em razão da diminuição dos casos de doenças relacionadas à falta de tratamento de esgoto e ao consumo de água contaminada (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019).

Um dos principais produtos resultantes do tratamento de água e esgoto é o lodo. No caso das ETAs, ele se origina nas etapas de coagulação e floculação, estando depositado nos decantadores. Sendo assim, sua natureza dependerá das características apresentadas pela água bruta, das dosagens e tipos de agentes químicos adicionados nos processos de tratamento, do modo de limpeza dos decantadores, entre outros aspectos (REALI, 1999; RICHTER, 2001). Já os lodos das ETEs convencionais, são formados nos decantadores primários e na etapa de

¹E-mail: liebldaiane@gmail.com

²E-mail: chaiane.schoen@unisociesc.com

tratamento biológico, podendo apresentar variação na composição em função do tipo de sistema de tratamento adotado (BATISTA, 2015).

Segundo dados do Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Santa Catarina (PERS/SC), entre junho de 2016 e maio de 2017, cerca de 47.735 toneladas de lodo de ETA, ETE e sólidos grosseiros de ETE foram gerados no estado de Santa Catarina. Quanto ao destino final destes lodos, eles foram dispostos, em sua grande maioria, em aterros industriais classe I, aterros sanitários e corpos hídricos. Além disso, deve-se destacar que, de modo geral, os lodos gerados não receberam tratamento previamente à sua disposição final (SANTA CATARINA, 2018).

Uma das formas alternativas de destinação final do lodo é a sua aplicação no solo. De acordo com Richter (2001), lodos de ETAs, sejam eles provenientes de processos que utilizam cal ou sulfato de alumínio, tornam os solos mais porosos e aumentam, dessa forma, a retenção de umidade. A aplicação do lodo de ETE na agricultura tem se mostrado uma solução sustentável para disposição final deste resíduo, visto que melhora as propriedades físicas e fornece importantes nutrientes ao solo (BATISTA, 2015).

Contudo, antes da utilização do lodo na agricultura, é preciso ter cautela e levar em conta que o produto pode apresentar poluentes orgânicos e inorgânicos, além de patógenos, visto que é gerado no processo de tratamento da água e do esgoto. Dessa maneira, deve-se atentar para sua toxicidade e perigos à saúde humana, animal e ao meio ambiente (BITTENCOURT; AISSE; SERRAT, 2017).

Alguns autores, entre eles Lega, Pires e Poletti (2018), avaliaram a toxicidade de lixiviado de lodo de ETE bruto, após dois meses de estabilização, nas concentrações de 0,5; 1; 5; 10 e 100%, em sementes de alface, rúcula e mostarda. Os autores perceberam que as maiores concentrações das duas amostras estudadas ocasionaram diminuição no comprimento da raiz das sementes. Além disso, o lixiviado de lodo bruto se apresentou mais tóxico que o estabilizado e as sementes de alface se mostraram as mais sensíveis.

Também com o intuito de avaliar a toxicidade de lodos de ETE, Adamcová, Vaverková e Břoušková (2016), realizaram ensaios com sementes de mostarda branca expostas a dois tipos de lodo de uma ETE na República Tcheca (lodo desidratado anaerobicamente estabilizado com 24% de

matéria orgânica e lodo desidratado com 92% de matéria orgânica). Ambos foram testados nas concentrações de 100, 50, 25 e 10%. De acordo com o estudo, todas as concentrações dos dois lodos apresentaram elevado grau de toxicidade, ocasionando efeitos negativos na germinação e alongamento das radículas das sementes expostas.

No Brasil, a resolução nº 498 (CONAMA, 2020), define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos. De acordo com este instrumento, os biossólidos (lodo de esgoto após o tratamento) são classificados em A e B, levando em consideração valores máximos de *Escherichia coli* por grama de sólidos totais ou pelos processos a qual são submetidos para redução de patógenos. Além disso, somente podem ser utilizados biossólidos classificados como 1 ou 2 em relação aos valores máximos permitidos de substâncias químicas e aqueles que atendem aos critérios de redução de atratividade de vetores (CONAMA, 2020).

Considerando a alta geração de lodos nos sistemas de tratamento de água e esgoto, bem como seus potenciais benefícios ao solo e necessidade de formas sustentáveis de destinação destes resíduos, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a toxicidade de lodos provenientes de estação de tratamento de água e de esgoto.

2 Metodologia

2.1 Amostras de lodo testadas

Foram testados lodos provenientes de estação de tratamento de água (ETA) (Figura 1A) e de estação de tratamento de esgoto (ETE) (Figura 1B).

Na ETA de origem de um dos tipos de lodo utilizados, o afluente bruto é tratado através dos seguintes processos: coagulação com sulfato de alumínio, floculação, decantação, filtração, desinfecção com cloro gasoso, fluoretação e correção do pH com cal hidratada. Já na ETE em que foram coletadas as outras amostras de lodo, o esgoto doméstico recebe os seguintes tratamentos: preliminar (gradeamento, desarenador e caixa de areia), primário (reator anaeróbio), secundário (tanque de aeração, decantador, sistema de recirculação de lodo, tanque de lodo e desidratação do lodo) e desinfecção. Após o tratamento, o efluente é lançado em corpo hídrico e o lodo gerado é prensado.

Figura 1 – Lodo após secagem de estufa A) de estação de tratamento de água, B) de estação de tratamento de esgoto sanitário



A)

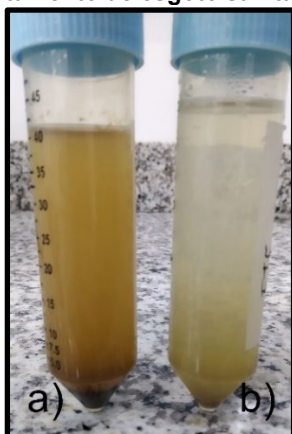
Fonte: Autoras (2021)



B)

Para a execução dos testes de fitotoxicidade aguda foi necessário preparar dois lixiviados distintos: um produzido a partir do lodo de ETA (Figura 2A) e o outro a partir do lodo de ETE (Figura 2B). O preparo dos lixiviados seguiu metodologia adaptada de Matthews e Hastings (1987).

Figura 2 – Lixiviado de lodo A) de estação de tratamento de água, B) de estação de tratamento de esgoto sanitário



Fonte: Autoras (2021)

Primeiramente, as amostras de lodo foram secas em estufa a 63°C até atingirem peso constante. Em seguida, pesou-se 100g de cada amostra para trituração manual e homogeneização. Estas foram então colocadas em recipientes contendo 900 ml de água destilada e deixadas em agitação mecânica por 2 horas. Decorrido o tempo de agitação, as soluções formadas foram decantadas por 1 hora em cones Imhoff e frações do sobrenadante foram centrifugadas a 2500 rpm, durante 10 minutos. Posteriormente, realizou-se a filtragem em filtro com espessura de 205 µm, gramatura de

80 g/m² e porosidade de 14 µm. Após a filtração, os lixiviados formados foram armazenados em congelador até a realização do experimento.

2.2 Realização dos experimentos de fitotoxicidade

Para a realização dos testes de fitotoxicidade aguda, foram utilizadas sementes de alface da espécie *Lactuca sativa* e cebolas da espécie *Allium cepa*, ambas adquiridas comercialmente (Quadro 1). Tais plantas foram selecionadas por fazerem parte das espécies recomendadas pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos na execução de testes de avaliação da toxicidade de substâncias e produtos químicos (USEPA, 1996).

O experimento seguiu um delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo utilizado seis concentrações de lodo e dois tratamentos controle em duas espécies vegetais. As concentrações dos ensaios foram definidas com base no estudo de Zanatta (2014), preparadas através de diluição dos lixiviados em água destilada, resultando em concentrações de 100, 50, 10, 5, 1 e 0,5%, e foram testadas em triplicatas. Também foram preparados dois controles negativos com água destilada, em que um deles recebeu as sementes de *Lactuca sativa* e o outro as sementes de *Allium cepa*.

Na realização do experimento, placas de Petri receberam papel filtro que foi saturado com 4 ml da concentração do lixiviado de interesse, sendo o mesmo volume adotado nos controles negativos, porém com a utilização de água destilada em substituição aos lixiviados. Posteriormente, as placas de

Petri receberam as sementes e foram vedadas com filme de parafina plástica para evitar perda de umidade durante o desenvolvimento das plantas.

Os ensaios com sementes de cebola e de alface foram conduzidos em placas de

Petri separadas, sendo adicionadas 10 sementes em cada uma delas. As placas foram incubadas em estufa de crescimento microbiológico durante o período de 168 horas (7 dias), a temperatura de 22°C, em ausência de luz.

Quadro 1 - Características das sementes utilizadas nos ensaios, de acordo com os fabricantes

Nome científico	Nome comum	Lote	Germinação (%)	Pureza (%)	Data de validade (mês/ano)
<i>Lactuca sativa</i>	Alface grandes lagos americana	0516102.2	93	99	04/2022
<i>Allium cepa</i>	Cebola baia herbal	0091701810000030	95	100	12/2022

Fonte: Autoras (2021)

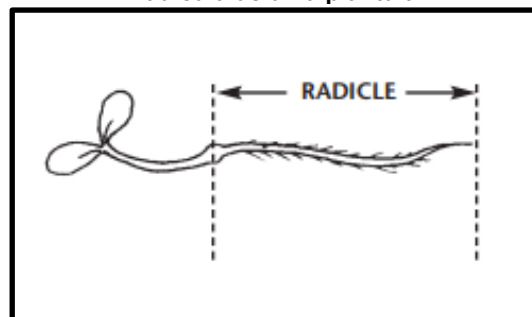
2.3 Avaliação do crescimento radicular e da germinação das sementes de *Lactuca sativa* e *Allium cepa*

Após o período de incubação do ensaio, procedeu-se à verificação do número de sementes de alface e cebola germinadas, bem como a aferição do comprimento da radícula das plântulas com o auxílio de régua milimetrada (Figura 3).

Desta forma foram determinadas a porcentagem de germinação relativa (PGR) (Equação 1), porcentagem de crescimento relativo da radícula (PCRR) (Equação 2) e índice de germinação (IG) (Equação 3), os quais foram calculados para os dois tipos de

sementes utilizadas nos ensaios, através da metodologia de Tiquia (2000).

Figura 3 – Demonstração ilustrativa da radícula de uma plântula



Fonte: Trautmann e Krasny (1997)

$$PGR = \frac{\text{Número de sementes germinadas na amostra interesse}}{\text{Número de sementes germinadas no controle}} \times 100 \quad (1)$$

$$PCRR = \frac{\text{Média do crescimento da radícula das plântulas da amostra de interesse}}{\text{Média do crescimento da radícula das plântulas do controle}} \times 100 \quad (2)$$

$$IG = \frac{PGR}{PCRR} \times 100 \quad (3)$$

2.4 Análise estatística

Os resultados obtidos após exposição das sementes de alface e cebola a cada concentração de lixiviado de lodo de ETA e ETE foram avaliados através da análise de variância (ANOVA one way) seguido do teste de Fisher a 5% de significância. Já para a realização das comparações entre os resultados dos dois tipos de lixiviados testados foi utilizado o Teste t de Student. Todas as análises foram realizadas utilizando o software Statistica (STATSOFT, 2004).

3 Resultados

As sementes de cebola expostas ao lixiviado de lodo de ETA (Figura 4A) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações de PCRR e IG. Já em relação às sementes de alface (Figura 4B), percebe-se que a PCRR apresentou discrepância entre o tratamento de 100%, o qual apresentou o maior resultado, e as concentrações de 5, 1 e 0,5%, situação que demonstra que o lodo de ETA bruto proporcionou um melhor crescimento

radicular às plântulas de alface em comparação com as três maiores diluições testadas (Tabela 1).

De acordo com Belo (2011), IGs superiores a 100% indicam que o material em estudo potencializa a germinação e o crescimento radicular das sementes, já valores entre 60 e 80% demonstram que a amostra em questão ocasiona fitotoxicidade

moderada. Dessa forma, pode-se verificar que o lodo de ETA potencializou a germinação e o crescimento radicular das sementes de alface em todas as concentrações testadas. Contudo, nas sementes de cebola, a concentração de 50% de lixiviado de lodo de ETA apresentou fitotoxicidade moderada, enquanto as demais não demonstraram ser fitotóxicas.

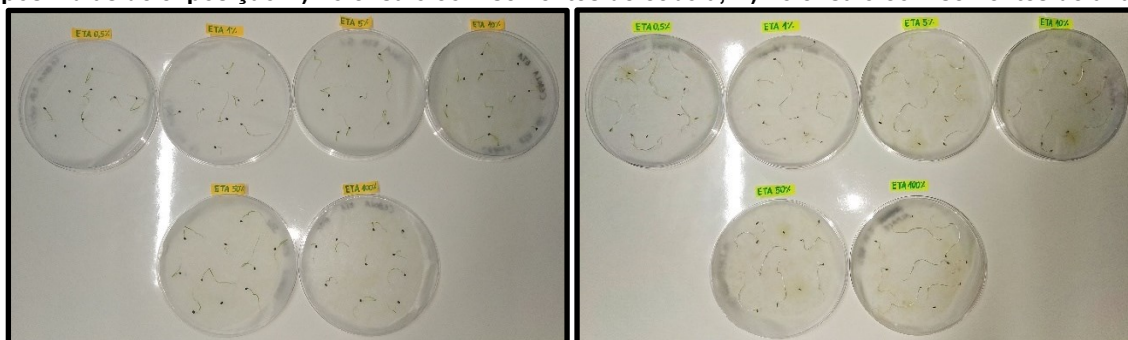
Tabela 1 - Crescimento Relativo da Radícula (PCRR) e Índice de Germinação (IG) (média ± desvio padrão) das sementes de alface e cebola em diferentes concentrações de lixiviado de lodo de estação de tratamento de água após 7 dias de exposição

Concentração de lixiviado de lodo de estação de tratamento de água (%)	Crescimento Relativo da Radícula (PCRR) (%) (média ± desvio padrão)		Índice de Germinação (IG) (%) (média ± desvio padrão)	
	Cebola	Alface	Cebola	Alface
100	83,48 ± 17,18 ^a	173,80 ± 20,14 ^a	85,24 ± 9,15 ^a	142,54 ± 40,90 ^a
50	75,34 ± 30,89 ^a	150,16 ± 15,38 ^{ab}	75,34 ± 30,89 ^a	139,16 ± 18,36 ^a
10	90,37 ± 9,87 ^a	129,83 ± 48,73 ^{ab}	90,37 ± 9,87 ^a	109,83 ± 55,07 ^a
5	106,71 ± 24,84 ^a	111,72 ± 5,87 ^b	97,67 ± 39,37 ^a	111,71 ± 13,39 ^a
1	93,55 ± 50,52 ^a	117,97 ± 35,18 ^b	98,38 ± 46,89 ^a	108,62 ± 29,29 ^a
0,5	105,65 ± 14,99 ^a	123,24 ± 20,19 ^b	86,86 ± 22,90 ^a	102,13 ± 30,75 ^a

Médias com letras iguais nas colunas não diferem significativamente entre si ($p < 0.05$).

Fonte: Autoras (2021)

Figura 4 – Replicatas de cada concentração de lixiviado de lodo de estação de tratamento de água após 7 dias de exposição A) no ensaio com sementes de cebola, B) no ensaio com sementes de alface



A)

B)

Fonte: Autoras (2021)

Observa-se que as maiores concentrações de lixiviado de lodo de ETE (100 e 50%) resultaram nos menores valores de PCRR para as sementes de cebola (Figura 5A), sendo eles de 7,5% e 18,99% (Tabela 2). Resposta semelhante foi observada no IG, em que as mesmas concentrações resultaram nos respectivos valores de 7,74 e 16,88%. Dessa maneira, verifica-se que o lodo de ETE, quando empregado nas maiores

concentrações, afeta negativamente o desenvolvimento desta espécie vegetal.

Esses resultados reforçam os fatos descritos por Poletti et al. (2017) ao analisar a sensibilidade e efeitos toxicológicos de lixiviados compostos por solo agrícola acrescido de diferentes concentrações de lodo de ETE, em bioensaios com sementes. Os autores constataram, assim como no presente estudo, que a maior concentração de lodo de ETE ocasionou a inibição do

crescimento radicular das sementes de couve-flor (*Brassica oleracea*), rúcula (*Eruca sativa*) e alface (*Lactuca sativa*) expostas às amostras de lixiviado.

O IG das sementes de cebola retrata que as concentrações de 100 e 50% de lixiviado de lodo de ETE apresentaram alta fitotoxicidade, pois conforme a classificação de Belo (2011), seus valores foram inferiores a 30%. Quanto às demais concentrações, evidencia-se que potencializaram a germinação e o crescimento radicular das sementes.

No caso das alfaces (Figura 5B), percebe-se que com a diminuição gradativa das concentrações de lixiviado de lodo de ETE há o aumento dos índices de PCRR, sendo os melhores resultados, 104,35 e 101,36%, observados nas concentrações de 1 e 0,5%. Ao verificar o IG das sementes de alface nas concentrações de lixiviado de lodo de ETE, nota-se valores baixos especialmente nos organismos expostos ao lixiviado bruto (Tabela 2).

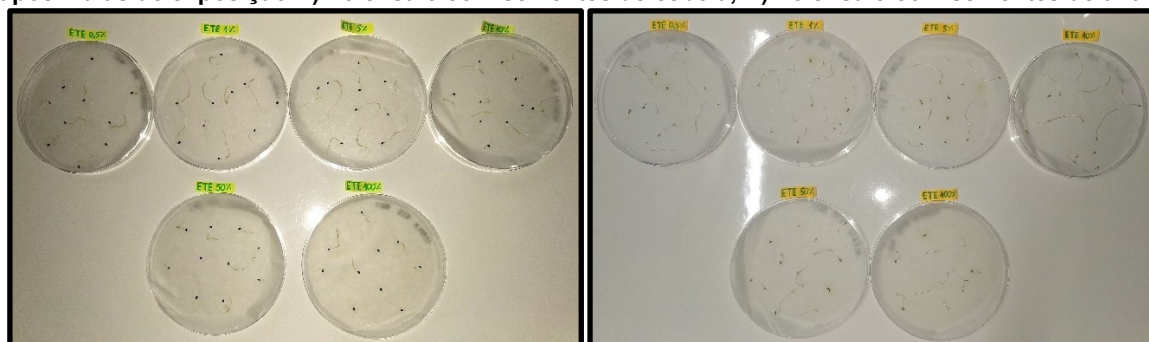
Tabela 2 - Crescimento Relativo da Radícula (PCRR) e Índice de Germinação (IG) (média ± desvio padrão) das sementes de alface e cebola em diferentes concentrações de lixiviado de lodo de estação de tratamento de esgoto após 7 dias de exposição

Concentração de lixiviado de lodo de estação de tratamento de esgoto (%)	Crescimento Relativo da Radícula (PCRR) (%) (média ± desvio padrão)		Índice de Germinação (IG) (%) (média ± desvio padrão)	
	Cebola	Alface	Cebola	Alface
100	7,5 ± 2,24 ^b	10,63 ± 0,46 ^c	7,74 ± 2,54 ^b	9,84 ± 1,42 ^b
50	18,99 ± 11,98 ^b	55,60 ± 15,02 ^b	16,88 ± 10,64 ^b	51,20 ± 12,33 ^a
10	104,34 ± 16,89 ^a	61,49 ± 17,77 ^b	102,36 ± 32,65 ^a	60,46 ± 26,35 ^a
5	117,39 ± 18,51 ^a	63,74 ± 20,83 ^b	125,40 ± 13,70 ^a	53,05 ± 22,96 ^a
1	114,64 ± 15,08 ^a	104,35 ± 25,92 ^a	110,82 ± 20,10 ^a	86,09 ± 28,52 ^a
0,5	104,51 ± 21,43 ^a	101,36 ± 22,50 ^a	106,84 ± 13,59 ^a	82,06 ± 15,26 ^a

Médias com letras iguais nas colunas não diferem significativamente entre si (p < 0.05).

Fonte: Autoras (2021)

Figura 5 – Replicatas de cada concentração de lixiviado de lodo de estação de tratamento de esgoto após 7 dias de exposição A) no ensaio com sementes de cebola, B) no ensaio com sementes de alface



A)

Fonte: Autoras (2021)

B)

Assim como relatado para as cebolas, concentrações altas de lixiviado de lodo de ETE prejudicaram o crescimento radicular e o IG das sementes de alface. Esses resultados corroboram com o observado por Mañas e Heras (2018) que realizaram bioensaios com sementes de alface (*Lactuca sativa*) e agrião

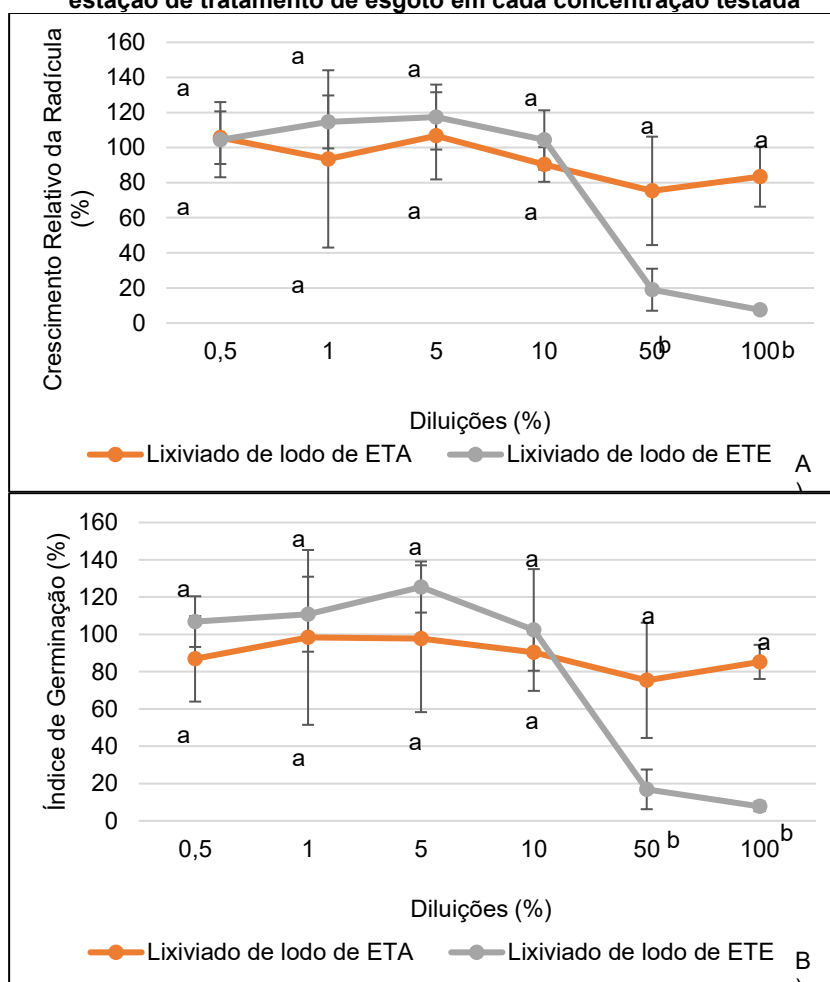
(*Lepidium sativum*) a fim de avaliar a toxicidade de lodo de ETE. Conforme os autores, a menor concentração do lodo testado, ou seja 1%, promoveu os melhores resultados de PCRR e IG para ambas as sementes.

Tavares et al. (2019), ao testarem a fitotoxicidade de elutriado preparado através de lodo de ETA e ETE brutos e consorciados, concluíram que as menores concentrações obtiveram os melhores índices de germinação para as sementes de alface da espécie *Lactuca sativa*, especialmente após o tratamento das amostras com vermicompostagem. Estes resultados reforçam que o aumento das concentrações de lodo, tende a ocasionar o aumento da toxicidade aos organismos expostos, assim

como foi observado nos bioensaios realizados com as sementes de cebola e alface.

Percebe-se que a PCRR (Figura 6A) e o IG (Figura 6B) das sementes de cebola nas amostras de lixiviado de lodo de ETE nas concentrações de 100 e 50% foram significativamente menores quando comparados aqueles obtidos para o lixiviado de lodo de ETA nos mesmos tratamentos. Sendo assim, em concentrações maiores é preferível optar pelo uso agrícola de lodo de ETA, em decorrência de sua menor toxicidade.

Figura 6 – A) Crescimento Relativo da Radícula (PCRR) e B) Índice de Germinação (IG) das sementes de cebola apresentada nas amostras de lixiviado de lodo de estação de tratamento de água e de estação de tratamento de esgoto em cada concentração testada



Pontos representam a média + desvio padrão. Médias com letras iguais nos pontos não diferem significativamente entre si em uma mesma diluição ($p < 0.05$).

Fonte: Autoras (2021)

Lega, Pires e Poletti (2018) ao realizarem bioensaios com lodo de ETE em sementes de alface (*Lactuca sativa*), rúcula (*Eruca sativa*) e mostarda (*Sinapis alba*), associaram o efeito tóxico das amostras de lodo bruto com as altas quantidades de nitrogênio amoniacal presentes no mesmo.

Esse fato pode explicar a maior toxicidade apresentada nas sementes que foram expostas às maiores concentrações de lodo de ETE, pois o excesso de alguns nutrientes, como o nitrogênio amoniacal, pode ter sido responsável pelos prejuízos no desenvolvimento das sementes.

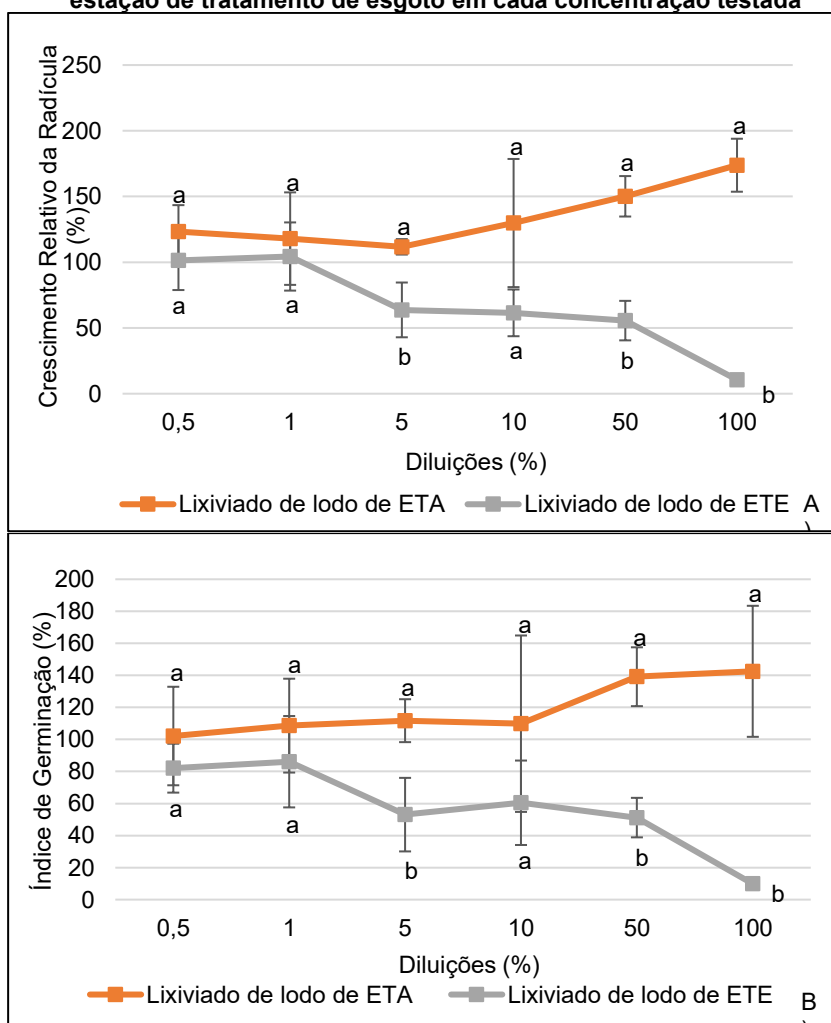
Abreu et al. (2019), ao caracterizarem quimicamente o lodo de uma ETE do Rio de Janeiro, encontraram o nitrogênio como o macronutriente mais abundante (3,88%), seguido do enxofre (1,20%), fósforo (0,62%), potássio (0,50%) e cálcio (0,24%). Além disso, entre os compostos orgânicos persistentes potencialmente tóxicos, o Di (2-etilhexil)ftalato, o qual é amplamente empregado em processos industriais, foi encontrado em quantidades que excediam os limites permitidos em solos agrícolas após aplicação de biossólidos.

Onofre, Abatti e Tessaro (2015), ao estudarem a composição química de lodos de ETE encontraram teores de íon amônio de 1.546 mg.kg⁻¹ e de nitratos em torno de 536

mg.kg⁻¹. Já em relação aos demais constituintes, verificaram que o fósforo correspondia a 8%, seguido do magnésio (5,21%), potássio (1,34%) e enxofre (1,23%).

O lixiviado de lodo de ETA apresentou resultados superiores em PCRR (Figura 7A) e IG (Figura 7B), especialmente nas concentrações de 5, 50 e 100%, quando comparado ao lixiviado de lodo de ETE. Apesar disso, alguns autores têm relatado que o lodo de ETA, por possuir altas quantidades de alumínio provindo dos coagulantes usados no tratamento de água, é capaz de dificultar a assimilação do fósforo pelas plantas, o qual tem importância fundamental em solos agricultáveis (RICHTER, 2001).

Figura 7 – A) Crescimento Relativo da Radícula (PCRR) e B) Índice de Germinação (IG) das sementes de alface apresentada nas amostras de lixiviado de lodo de estação de tratamento de água e de estação de tratamento de esgoto em cada concentração testada



Pontos representam a média + desvio-padrão. Médias com letras iguais nos pontos não diferem significativamente entre si, em uma mesma diluição (p < 0.05).

Fonte: Autoras (2021)

Percebe-se também que apesar de o lixiviado de lodo de ETE ter afetado em maior grau a PCRR e o IG das sementes de cebola nas concentrações de 100 e 50%, seus valores foram ligeiramente superiores para ambos os parâmetros nas demais concentrações. Este cenário difere daquele observado nos ensaios com as sementes de alface, onde os valores de lixiviado de lodo de ETA foram maiores em todas as concentrações. Dessa forma, nota-se que as sementes de alface apresentaram maior sensibilidade ao lixiviado de lodo de ETE e menor sensibilidade ao lixiviado de lodo de ETA.

4 Conclusões

Neste estudo, foram realizados bioensaios de fitotoxicidade aguda em sementes de cebola (*Allium cepa*) e alface (*Lactuca sativa*) com o uso de dois lixiviados distintos, um preparado a partir de lodo proveniente de ETA e o outro elaborado com a utilização de lodo coletado em ETE.

Os ensaios revelaram que há maior sensibilidade das sementes testadas em relação, especialmente, às maiores concentrações de lixiviado de lodo de ETE, visto que ocasionaram diminuição dos valores de PCRR e IG dos organismos-teste utilizados. Já no caso das amostras de lodo de ETA, com exceção da PCRR das sementes de alface, não ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações testadas.

Também se verificou que o lixiviado de lodo de ETE mostrou-se mais tóxico que o lixiviado de lodo de ETA nas maiores concentrações para as sementes de cebola. No caso das alfaces, esse fenômeno foi observado, principalmente, nas maiores concentrações e na diluição de 5%.

Sendo assim, quando se optar pelo uso agrícola de lodo de ETE, recomenda-se que este seja utilizado em concentrações abaixo de 5%, para que assim se evite seus possíveis efeitos tóxicos nas espécies vegetais cultivadas. Quanto ao lodo de ETA, os resultados foram promissores, demonstrando que pode ser uma alternativa interessante e sustentável no enriquecimento e melhora nutricional de solos agrícolas.

5 Toxicity Assessment of Water Treatment Plant (WTA) and Sewage Treatment Plant (STP) Sludge through Bioassays with Lettuce (*Lactuca sativa*) and Onion (*Allium cepa*) seeds

Abstract: Sludge is among the main by-products of water and wastewater treatment. One alternative way of disposal these wastes is their application in agriculture. However, their possible toxic effects can cause limitations. Thus, the present study evaluated the water treatment plant (WTP) and sewage treatment plant (STP) sludge phytotoxicity through bioassays with lettuce (*Lactuca sativa*) and onion (*Allium cepa*) seeds. For this purpose, leachates were prepared with sludge from WTP and STP. The assays were carried out with six concentrations (100, 50, 10, 5, 1 and 0.5%) and two control treatments. There was greater sensitivity of onions at concentrations of 100 and 50% of STP sludge leachate. STP sludge leachate concentrations increase caused a decrease in lettuces root growth and a low germination index was observed at the 100% dilution. Furthermore, WTP sludge leachate was less toxic to seeds than STP sludge leachate. Therefore, the safe application of STP sludge depends on the concentration used and the WTP sludge showed promising results for future agricultural use.

Keywords: Phytotoxicity. Environmental toxicology. Leachate.

6 Referências

ABREU, A. H. M.; ALONSO, J. M.; MELO, L. A.; LELES, P. S. S.; SANTOS, G. R. Caracterização de biossólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, [s. l.], v. 24, n. 3, p. 591-599, 2019.

ADAMCOVÁ, D.; VAVERKOVÁ, M.; BŘOUŠKOVÁ, E. THE TOXICITY OF TWO TYPES OF SEWAGE SLUDGE FROM WASTEWATER

TREATMENT PLANT FOR PLANTS IN CZECH REPUBLIC. *Journal Of Ecological Engineering*, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 33-37, 2016.

BATISTA, L. F. **Lodos gerados nas estações de tratamento de esgotos no Distrito Federal: um estudo de sua aptidão para condicionamento, utilização e disposição final.** 2015. 214f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <http://ptarh.unb.br/wp-em>

content/uploads/2017/03/PUBLICA%C3%87%C3%83O-PTARH.DM-%E2%80%931682015.pdf. Acesso em: 14 ago. 2021.

BELO, S. R. S. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem**. 2011. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011. Disponível em: <<https://eg.uc.pt/bitstream/10316/20257/1/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20fitotoxicidade%20atrav%C3%A9s%20de%20Lepidium%20sativum%20no%20%C3%A2mbito%20de%20processos%20de%20compostagem.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2021.

BITTENCOURT, S.; AISSÉ, M. M.; SERRAT, B. M. **Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do paraná, brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 1129-1139, 2017.**

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolu o n  498/2020, de 19 de agosto de 2020**. Define critérios e procedimentos para produ o e aplica o de biossólidos em solos, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: se o 1, Brasília, DF, n. 161, p. 265-269, 21 ago. 2021. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=797>. Acesso em: 29 ago. 2021.

IBRAHIM, F. I. D.; IBRAHIM, F. J.; CANTUÁRIA, E. R. **Análise ambiental: gerenciamento de resíduos e tratamento de efluentes**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2015.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Benefícios econ micos e sociais da expansão do saneamento no Brasil**. 2018. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/beneficios/Relat%C3%B3rio-Benef%C3%ADcios-do-saneamento-no-Brasil-04-12-2018.pdf>. Acesso em: 11 set. 2021.

LEGA, G. M. S.; PIRES, M. S. G.; POLETTI, E. C. C. **ANÁLISE DA TOXICIDADE DO LODO DE ESGOTO EM SEMENTES**. In: XVI ENEEAMB & LV FLAES, 2018, Palmas. **Anais eletr nicos [...]** Campinas: Galoá, 2018. p. 1-6. Disponível em: <https://proceedings.science/eneeamb-2018/trabalhos/analise-da-toxicidade-do-lodo-de-esgoto-em-sementes>. Acesso em: 15 ago. 2021.

MA NAS, P.; HERAS, J. de LAS. Phytotoxicity test applied to sewage sludge using *Lactuca sativa* L. and *Lepidium sativum* L. seeds. **International Journal of Environmental Science and Technology**, [s. l.], v. 15, n. 2, p.273-280, 2018.

MATTHEWS, J. E.; HASTINGS, L. Evaluation of toxicity test procedure for screening treatability potential of waste in soil. **Environmental**

Toxicology & Water Quality, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 265-281, 1987.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Saneamento**. 5. ed. Brasília: Funasa, 2019. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/web/guest/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica/-/asset_publisher/ZM23z1KP6s6q/content/manual-de-saneamen-1?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.funasa.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fbiblioteca-eletronica%2Fpublicacoes%2Fengenharia-de-saude-publica%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_ZM23z1KP6s6q%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_count%3D1%26_101_INSTANCE_ZM23z1KP6s6q_advancedSearch%3Dfalse%26_101_INSTANCE_ZM23z1KP6s6q_keywords%3D%26_101_INSTANCE_ZM23z1KP6s6q_delta%3D10%26p_r_p_564233524_resetCur%3Dfalse%26_101_INSTANCE_ZM23z1KP6s6q_cur%3D3%26_101_INSTANCE_ZM23z1KP6s6q_andOperator%3Dtrue. Acesso em: 23 mai. de 2022.

ONOFRE, S. B.; ABATTI, D.; TESSARO, A. A. **PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DO LODO DE ESGOTO PRODUZIDO PELA ESTA O DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) DE TOLEDO – PARANÁ – BRASIL**. In: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2015, Porto Alegre. **Anais eletr nicos [...]** [s. l.]: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2015. p. 1-6. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/IX-009.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2021.

POLETTI, E. C. C.; SILVA, J. P. P.; AMORM, M. F.; PAIXÃO FILHO, J. L.; PIRES, M. S. G. Análise de sensibilidade e de efeitos toxicológicos da aplica o de lodo de esgoto em sementes. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [s. l.], v. 8, n. 2, p.130-137, 2017.

REALI, M. A. P. (coord). **No es gerais de tratamento e disposi o final de lodos de esta o de tratamento de água**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de esta es de tratamento de  gua**. São Paulo: Blucher, 2001.

SANTA CATARINA. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Santa Catarina**. Florianópolis: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econ mico Sustentável, 2018. Disponível em: <http://www.perssc.premiereng.com.br/documentos>. Acesso em: 29 ago. 2021.

STATSOFT, Inc. (2004). **STATISTICA (data analysis software system)**, version 7. www.statsoft.com.

TAVARES, R. G.; SOBRINHO, M. A. M.; PEREIRA, L. J. R.; CÔRREA, 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 sementes de alface (*Lactuca sativa*). *Revista Dae*, [s. l.], v. 67, n. 218, p. 156-167, 2019.

TIQUIA, S. M. Evaluating Phytotoxicity of Pig Manure from the Pig-on-Litter System. *In: International Composting Symposium*, 2., 1999, Dartmouth. **Proceedings** [...]. Nova Scotia: CBA Press, 2000. p. 625-647. Disponível em: <BC1-2000-PDF.pdf (umich.edu)>. Acesso em: 05 ago. 2021.

TRAUTMANN, N. M.; KRASNY, M. E. **Composting in the Classroom, Scientific Inquiry for High School Students: Scientific Inquiry for High School Students**. Cornell University: 1997. 1 ilustração. Disponível em: <http://cwmi.css.cornell.edu/compostingintheclassroom.pdf>. Acesso em: 12 out. 2021.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Ecological Effects Test Guidelines: OPPTS 850.4200 Seed germination/root elongation toxicity test**. Washington DC: EPA, 1996. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100RF51.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995+Thru+1999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmiQ>

query=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C95thru99%5CTxt%5C00000038%5CP100RF51.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymou s&SortMethod=h%7C- &MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&Image Quality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display= hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&B ack=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&Ma ximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPUR L. Acesso em: 18 set. 2021.

ZANATTA, M. C. K. **Caracterização da toxicidade de lodos de estação de tratamento de esgoto com vistas a sua aplicação agrícola**. 2014. 100f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2014. Disponível em: Microsoft Word - maraline_...final 3 pos banca (unicamp.br). Acesso em: 4 set. 2021.

7 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE de Rio Negrinho) por ceder as amostras de lodo de ETA e ETE para a execução deste estudo; à Faculdade Sociedade Educacional de Santa Catarina por disponibilizar o espaço e os materiais necessários para a condução dos ensaios e à professora Amanda Jaíne Maahs pelo apoio durante a realização dos experimentos.