

## UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS

Fernanda Taufer Padilha<sup>1</sup> (taufer@gmail.com), Regina Célia Espinosa Modolo<sup>1</sup>  
(reginaem@unisinis.br)

<sup>1</sup> Universidade do Vale do Rio dos Sinos/UNISINOS

### RESUMO

As Estações de Tratamento de Água (ETA) removem da água bruta, organismos patogênicos e substâncias químicas orgânicas e inorgânicas que podem ser prejudiciais à saúde humana. Apesar das alternativas de descarte existentes atualmente, os resíduos da ETA ainda são dispostos diretamente nos cursos de água sem qualquer tipo de tratamento. Além do impacto nos corpos receptores, podem causar riscos à saúde humana devido à presença de patogênicos e metais pesados. Neste trabalho foi avaliado o desenvolvimento de mudas submetidas a diferentes proporções de lodo da ETA de Gravataí/RS, onde se faz uso do sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) como coagulante primário. Foram realizados três tratamentos: com 100% terra + 0% lodo, 50% terra + 50% lodo e 0% terra + 100% lodo em sementes de alface (*Lactuca sativa*). Foi avaliada a germinação das sementes e o desenvolvimento das respectivas plântulas, analisando possíveis sintomas patológicos, altura da parte aérea, coloração, número de folhas e, por fim, comprimento das radículas. O tratamento com 100% terra apresentou o melhor desenvolvimento foliar em número e coloração das folhas, no crescimento das plântulas e radicular. Já o tratamento com 100% lodo apresentou o menor desenvolvimento foliar, suas folhas apresentaram características de resíduos submetidos à presença de alumínio, radículas curtas e quebradiças. O tratamento com 50% terra + 50% lodo, apresentou variação no crescimento das plântulas e o desenvolvimento foliar não obteve bom desempenho, houve redução na quantidade e qualidade das folhas e, as radículas apresentaram crescimento intermediário entre os demais tratamentos.

**Palavras-chave:** Lodo de ETA; valorização de resíduos; produção de mudas.

## USE OF WATER TREATMENT STAGE SLIDES AS A SUBSTRATE FOR PRODUCTION OF SEEDS

### ABSTRACT

Water Treatment Plants (ETAs) remove pathogenic organisms and organic and inorganic chemicals that may be harmful to human health from raw water. Despite the currently available disposal alternatives, ETA waste is still disposed directly in water courses without any kind of treatment. In addition to the impact on the recipient bodies, they can cause risks to human health due to the presence of pathogens and heavy metals. This work evaluated the development of seedlings submitted to different sludge proportions of the Gravataí/RS ETA, where aluminum sulphate ( $Al_2(SO_4)_3$ ) is used as the primary coagulant. Three treatments were performed: with 100% soil + 0% sludge, 50% soil + 50% sludge and 0% soil + 100% sludge in lettuce seeds (*Lactuca sativa*). The germination of the seeds and the development of the respective seedlings were evaluated, analyzing possible pathological symptoms, shoot height, color, number of leaves and, finally, root length. The treatment with 100% soil presented the best leaf development in number and color of the leaves, in the growth of the seedlings and radicular. Already the treatment with 100% sludge presented the smallest leaf development, its leaves presented characteristics of residues submitted to the presence of aluminum, short and brittle roots. Treatment with 50% soil + 50% sludge, showed variation in seedling growth and leaf development did not perform well, there was a reduction in leaf quantity and quality, and root growth showed intermediate growth among the other treatments.

**Keywords:** ETA sludge; Waste recovery; seedling production.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e industrial nos centros urbanos aumentou consideravelmente a contaminação dos mananciais, tornando o tratamento de água indispensável para o consumo humano (DI BERNARDO; DANTAS, 2005). As Estações de Tratamento de Água (ETA) removem da água bruta, organismos patogênicos e substâncias químicas (orgânicas e inorgânicas) que podem ser prejudiciais à saúde e ao ambiente. Estes organismos e substâncias são sedimentados em decantadores e retidos por filtros durante as etapas do tratamento, dando origem ao lodo de decantador e a água de lavagem de filtro (HELLER; PÁDUA, 2006).

O tratamento de água bruta ao atender à legislação vigente gera benefícios sociais, mas os processos e operações empregados podem gerar impactos ao meio ambiente. Conforme Di Bernardo, Dantas e Voltan (2012) é no processo de coagulação que ocorre a geração de resíduos da ETA, pois, é nesta etapa que as partículas de lodo são formadas, acumulando-se ao longo do processo, nos decantadores e filtros. As características diferem quanto a sua origem, filtros ou decantadores, principalmente na concentração de sólidos, DQO, pH, metais, filtrabilidade, sedimentabilidade, tamanho e a distribuição de partículas (TEIXEIRA; MELO; SILVA, 2005).

Diversas alternativas para o descarte correto do resíduo de ETA são encontradas atualmente, como a aplicação em solos agrícolas, recuperação de áreas degradadas, materiais da construção civil, recuperação como coagulante, disposição em ETE ou em aterros, compostagem, entre outros (TAKADA et al. 2012; ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014). Somente há pouco menos de dez anos que os resíduos da ETA deixaram de ser dispostos diretamente nos cursos de água sem qualquer tipo de pré tratamento, sendo que ainda são dispostos inadequadamente em alguns locais, causando assim impactos ambientais nos corpos receptores e riscos à saúde humana devido à presença de patogênicos e metais pesados (DI BERNARDO; PAZ, 2007; ANDRADE; SILVA; OLIVEIRA, 2014). De acordo com Di Bernardo, Dantas e Voltan (2012) o lançamento de resíduos gerados no tratamento de água nos corpos de água, pode comprometer sua qualidade e dificultar o seu uso como fonte de abastecimento, porque em qualquer época do ano e independentemente da água bruta, uma ETA precisa produzir água que atenda aos padrões de potabilidade, se o lodo gerado for despejado sem tratamento prévio, o corpo receptor poderá ficar com maior carga contaminante, sendo necessário um tratamento mais complexo posteriormente.

Com isso a valorização de resíduos é oportuna quando os seus constituintes podem ser transformados em matérias-primas para a fabricação de novos produtos, através da reintegração ao ciclo produtivo. Esta reintegração de um resíduo a um ciclo produtivo pode ocorrer através da reutilização ou reciclagem (GUARNIERE, 2011). É importante destacar que o processo de aproveitamento e valorização de resíduos está intimamente ligado ao processo de produção dos produtos que geram estes resíduos. Dessa forma a concepção destes produtos deveria considerar o importante conceito "Cradle to Cradle (berço ao berço) apoiado na ideia de que o resíduo de um processo deve alimentar outro processo, e o resíduo deste novo processo deve alimentar o processo seguinte, e assim sucessivamente, em um ciclo fechado e sustentável (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2009). Em vez de produtos e resíduos serem depositados em aterros, estes devem ser reintroduzidos em novos ciclos produtivos para a obtenção de novos produtos.

Contudo, o estudo da viabilidade da utilização do resíduo de lodo gerado em estações de tratamento de água na produção de mudas pode trazer contribuições e benefícios, reduzindo os impactos negativos gerados pelas companhias de saneamento e também, devolvendo à natureza através das plantas os nutrientes delas extraídos.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é valorizar o lodo da estação de tratamento de água do município de Gravataí/RS, através da sua utilização como substrato para produção de mudas.

## 3. METODOLOGIA

As etapas da metodologia utilizada neste trabalho são apresentadas na Figura 1.

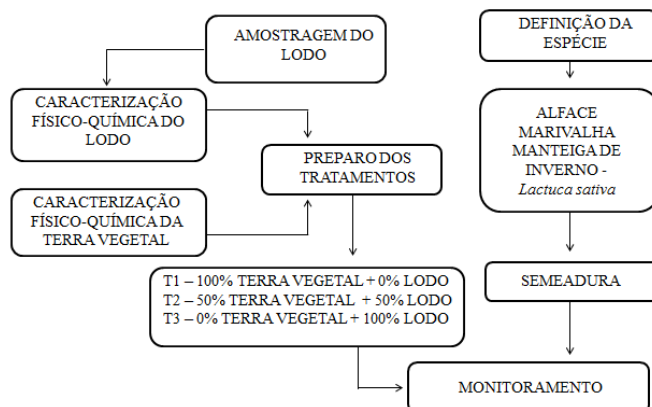




### 3.2 Preparação dos tratamentos

A terra vegetal utilizada como substrato para a produção de mudas foi da marca Terral, composta de 50% terra vegetal e 50% esterco bovino. Os parâmetros analisados deste material foram os mesmos utilizados na caracterização do lodo já descritos no item 3.1. Sendo que o fabricante não informou as características do produto. A estrutura adotada para a realização do trabalho experimental é apresentada na Figura 2.

**Figura 2.** Estrutura do experimento



Fonte: Elaborada pelas autoras.

Foram adotados três tratamentos diferentes, dois deles visando à substituição da terra vegetal pelo lodo, um dos tratamentos serviu de referência (100% terra vegetal). As proporções utilizadas nos tratamentos estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Tratamentos

1	100% em volume de TERRA VEGETAL + 0% em volume de LODO
2	50% em volume de TERRA VEGETAL + 50% em volume de LODO
3	0% em volume de TERRA VEGETAL + 100% de volume em LODO

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Diferentemente do estudo desenvolvido, os estudos consultados como referência para discussão dos resultados, em sua maioria, utilizaram o lodo previamente desidratado, moído e misturado a substratos comerciais e/ou terras adubadas. No entanto, como o objetivo deste estudo é a reutilização e não a reciclagem do resíduo, o lodo foi testado conforme coletado na ETA, ou seja, sem o tratamento prévio utilizados pelos autores dos estudos consultados.

### 3.3 Confeção da estrutura de suporte para semeadura

Para a realização deste estudo, optou-se pela utilização de materiais reciclados na confecção da estrutura de suporte do conjunto substrato e semente. Nos três tratamentos, as bandejas usadas como suporte para os recipientes que serviram de tubetes foram feitas a partir da reutilização de *pallets*. Em cada bandeja foram feitos 25 furos com o auxílio de uma serra copo, foram utilizadas garrafas PET de água mineral (500 mL) de reuso (75 garrafas), sendo estas cortadas numa altura de aproximadamente 12 cm, no sentido da tampa para o fundo.

Primeiramente efetuou-se a mistura dos dois componentes (lodo e terra) em recipiente devidamente limpo. A seguir, os recipientes foram preenchidos com as respectivas matérias até aproximadamente 1 cm da borda. No centro da garrafa, foi realizada uma microcova de aproximadamente 5 mm onde foram colocadas duas sementes de alface por recipiente, as sementes foram cobertas com cerca de meio grama de terra vegetal e regadas até que a água escorresse pelo furo do fundo do recipiente. As três bandejas com os tratamentos foram cobertas com panos umedecidos de forma a manter a umidade do local. A espécie usada no experimento

foi a alface manteiga maravilha de inverno (*Lactuca sativa*), a opção pela sementeira da alface se deve ao fato de ser uma espécie que está adaptada às condições prevalentes no território nacional e por ter um tempo de resposta relativamente curto (cerca de 10 dias). Diante disso, a observação dos efeitos do lodo no cultivo das sementes poderia ser mais rápida, trazendo resultados em um curto espaço de tempo. As bandejas foram dispostas dentro de uma estrutura de madeira construída e cobertas com sombrite com o propósito de proteger de possíveis ataques de animais, chuvas e ventos fortes, assim como da intensidade de luz solar diretamente incidente. Os tratamentos foram diariamente monitorados visando avaliar o desenvolvimento das sementes conforme os parâmetros estabelecidos. Após a sementeira, foi colocado um pano umedecido sobre as bandejas, que permaneceu úmido até a completa germinação das sementes. A cada três dias, todas as plântulas eram observadas e parâmetros como altura da parte aérea, coloração e número de folhas eram observados e registrados. O último parâmetro a ser analisado foi o comprimento das radículas, medido no ato da remoção das plântulas, no final do período experimental. O período total do experimento (desde a sementeira até a retirada das plântulas para mensuração das raízes) foi de cinco semanas.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Características do lodo e da terra vegetal

O lodo possui elevado teor de umidade, 76,3% (Tabela 2). Este valor é alto, já que os tratamentos convencionais, como os leitos de secagem, por exemplo, removem somente parte da umidade do material, antes da disposição final. A análise de perda ao fogo revelou que o lodo apresenta 36,9% de matéria orgânica (em base seca) em sua composição. Machado et al. (2011) considerou o valor 26,8% de matéria orgânica, encontrado em seu estudo, passível de ser incorporado em solos agrícolas. Este valor pode auxiliar agregando matéria orgânica, por se tratar de manejo de solo e cultivo de espécies, esta característica é interessante. O resultado obtido do pH do lodo foi de 5,6 a 23,6°C, ou seja, apresenta característica ácida.

**Tabela 2.** Características do lodo da ETA e da terra usados neste estudo.

Análise de FRX	LODO de ETA		TERRA VEGETAL
	Elementos majoritários (>50%)	--	--
	Menor quantidade (5% <x> 50%)	Fe, Si, Al	Fe, Si, Al
	Elementos traços (<5%)	Ti, S, K, Ca, Ba, Tm, P, Mn, Br, Cr, Zr, Zn, Sr	Ti, K, Ca, Ba, Tm, Zr, Mn, P, Cr, Zn, Sr, S, Y
<b>Umidade</b>	76,3%	2,3%	
<b>Massa específica</b>	2,0853 g/cm <sup>3</sup>	2,5258 g/cm <sup>3</sup>	
<b>Perda ao fogo</b>	36,9%	14,9%	
<b>pH (23,6°C)</b>	5,6	5,9	

Fonte: Elaborada pelas autoras.

Ainda na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**2, observa-se o baixo percentual de umidade do material e, a quantidade de matéria orgânica da amostra também pode ser considerada pequena 14,9% (base seca), menos da metade que foi encontrada no lodo. A terra vegetal tem uma massa específica mais elevada que a do lodo, 2,5258 g/cm<sup>3</sup> para 2,0853 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Este fato pode ser explicado devido a presença de partículas finas de areia, silte e argila na terra. Este resultado era esperado, tendo em vista a origem do material.

### 4.2 Germinação

A ocorrência da primeira germinação foram quatro dias após a sementeira na bandeja com o tratamento 100% lodo, sendo verificada a germinação de apenas uma semente. No quinto dia, 20 sementes apresentavam-se germinadas nesta mesma bandeja e as demais bandejas ainda não apresentavam sinais de germinação. No sexto dia após a sementeira, todas as sementes dos três

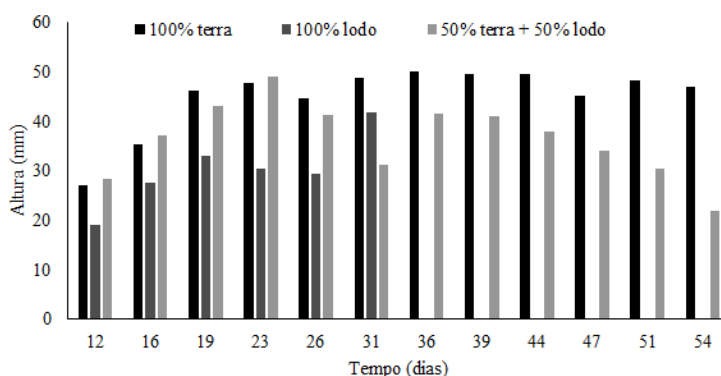
tratamentos encontravam-se germinadas. Após 23 dias de experimento, ao observar que as mudas não estavam se desenvolvendo mais, foi realizada a retirada das que apresentavam menor vitalidade, deixando apenas uma por recipiente. A taxa de sobrevivência das espécies da bandeja com tratamento 100% terra foi de 92%, com 50% lodo + 50% terra foi de 78,3% e o tratamento com 100% lodo foi de 80%. Segundo Neto (2011), esta porcentagem de sobrevivência pode ser considerada elevada e indicar que as doses de lodo aplicadas podem ter sido nocivas para a espécie numa fase inicial. As bandejas com os tratamentos são apresentadas na Figura 3. As garrafas que não apresentaram sobrevivência de espécies foram destacadas em vermelho.

**Figura 3.** Bandejas com indivíduos sobreviventes nos tratamentos com 100% terra (A), 50% terra + 50% lodo (B) e com 100% lodo (C)



Fonte: Registrada pelas autoras.

**Figura 4.** Médias do crescimento das plântulas para os três tratamentos



Fonte: Elaborada pelas autoras.

O maior valor encontrado para altura no tratamento com 100% terra foi de 72 mm. A partir dos 39 dias de experimento o crescimento desacelerou e a média final das plântulas, após 54 dias foi de 47 mm. O tratamento com 50% terra + 50% lodo, apresentou variação das alturas encontradas ao longo do período experimental e, até os 23 dias o crescimento mostrou-se progressivo. O maior valor encontrado para altura foi de 60 mm e a média final das plântulas neste tratamento após 54 dias foi de 21,9 mm. No tratamento com 100% lodo, o maior valor encontrado para altura foi 56 mm. Após 29 dias de experimento a média final das plântulas foi de 41,7 mm. Na Figura 4 é possível visualizar as médias de crescimento dos tratamentos realizados.

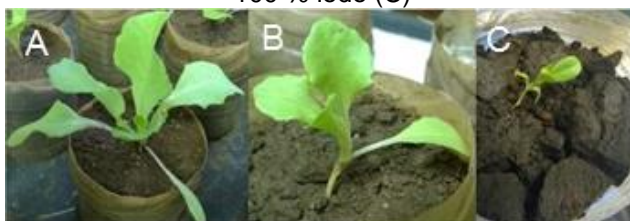
Em estudo realizado por Augusto et al. (2015) o tratamento com 40% de lodo + 10% de esterco bovino + 50% de solo foi o que apresentou os melhores resultados no crescimento das plântulas com a espécie utilizada, quando comparada aos demais tratamentos. Inclusive ao da amostra sem adição de lodo. Neto (2011) obteve resultados bastante variados nas alturas encontradas de acordo com as espécies estudadas, analisando os resultados, os tratamentos com 18,75% de terra + 56,25% de lodo + 25% de substrato, ficaram em segundo lugar nas maiores alturas encontradas. Porém, as maiores alturas ficaram com os tratamentos sem adição de lodo, assim como no estudo realizado no presente trabalho. Estes dados reforçam que a taxa de crescimento varia de acordo com as espécies submetidas ao tratamento com lodo, mas, pode-se observar que a adição do lodo nos tratamentos estudados pelos autores trouxe resultados satisfatórios.



### 4.3 Desenvolvimento foliar

As espécies apresentaram desenvolvimento foliar diferenciado de acordo com cada tratamento a que foram submetidas. A Figura 5 apresenta a comparação entre os três tratamentos, 100% terra com 8 folhas, 50% terra + 50% lodo com 5 folhas e 100 % lodo com 4 folhas, respectivamente, relativamente ao desenvolvimento foliar.

**Figura 5.** Desenvolvimento foliar dos tratamentos com 100% terra (A), com 50% terra + 50% lodo (B) e com 100 % lodo (C)



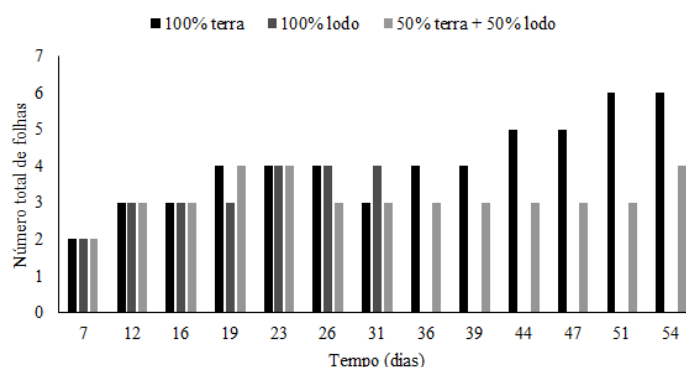
Fonte: Registrada pelas autoras.

O tratamento com 100% terra foi o que apresentou o melhor desenvolvimento das plântulas. O tamanho das folhas foi maior e a coloração manteve-se esverdeada, com aspecto saudável. A evidência de folhas amareladas, secas ou murchas mostrou-se pequena, porém, ao longo do período experimental, foram havendo perdas de algumas folhas o que comprometeu o aumento do número de folhas por muda. Isso se deve também, pelo fato de que normalmente as plântulas perdem os cotilédones para darem lugar as suas folhas, o que nem sempre influencia no crescimento e desenvolvimento das plântulas (ALMEIDA et al., 2010). A última média registrada foi de 6 folhas por plântula e, dentro deste valor foi verificado que uma folha estava nascendo, uma apresentava um tom amarelado ou aspecto de desidratação e as demais apresentavam-se com a coloração esverdeada.

O tratamento com 50% terra + 50% lodo não apresentou bom desempenho foliar. Até os 26 dias de experimento, a bandeja mostrava uma média crescente e chegou a 4 folhas por muda. Porém, após este período, o número de folhas começou a reduzir. A última média foi de 4 folhas por muda e, dentro deste valor foi verificado que uma folha estava nascendo, uma apresentava tom amarelado ou aspecto de seco, murcho ou morta e as demais se apresentavam com coloração esverdeada. O tratamento com 100% lodo foi o que apresentou pior desempenho. Com 15 dias de experimento, iniciou o aparecimento de pontos amarelados e o enrolamento nas folhas. De acordo com Miguel et al. (2009), as folhas quando tratadas com alumínio, podem ficar amareladas pela interferência na biossíntese da clorofila, arroxear nas bainhas, margens do limbo e apresentar atrofiamento pela deficiência de fósforo ou enrolarem as folhas jovens e colapsar o ápice e o pecíolo da planta. Estas características foram evidenciadas no tratamento com 100% lodo. A última média foi de 4 folhas por muda e, dentro desta média foi verificado que apenas 2 folhas apresentavam coloração esverdeada, as demais tinham aspecto amarelado ou arroxeadas e, também estavam secas ou murchas. A

**Figura 6** apresenta as médias de folhas por tratamentos realizados.

**Figura 6. Médias de folhas por tratamento**



Fonte: Elaborada pelas autoras.

#### 4.4 Desenvolvimento radicular

No tratamento com 100% terra, as mudas apresentaram radículas longas que chegavam até o fundo do recipiente. Algumas apresentaram muitas ramificações enquanto outras, apresentaram poucas. A média encontrada foi 46,3 mm de comprimento, com variações de 10 mm até 95 mm de comprimento. As mudas do tratamento com 100% lodo apresentaram radículas curtas e quebradiças, algumas foram danificadas no momento de retirar o lodo, já que estava bastante compactado e endurecido. Foi possível observar que algumas apresentaram pequenas ramificações radiculares, mas no geral o desenvolvimento radicular foi reduzido. De acordo com Ferreira, Morreira e Rassini (2006) esta redução da taxa de crescimento radicular das plantas sensíveis tem sido considerada o principal efeito de níveis tóxicos de alumínio, que afeta o alongamento e a divisão celular. Essa restrição diminui a capacidade da planta obter água e nutrientes do subsolo em virtude do enraizamento superficial, tornando-a, portanto, menos produtiva e mais suscetível a seca. Porém, acredita-se também que a pouca aeração apresentada pelo lodo, efeito compactado, impediu o crescimento das radículas assim como a absorção de água, dificultando o seu desenvolvimento. Já no tratamento com 50% terra + 50% lodo as mudas apresentaram radículas longas se comparadas as da bandeja 100% lodo e menores quando comparadas as da bandeja 100% terra. A menor radícula encontrada neste tratamento teve 30 mm de comprimento, a menor do tratamento com 100% de lodo foi de 6 mm e do tratamento com 100% de terra foi de 10 mm.

A média de crescimento radicular da bandeja com 50% terra + 50% lodo também se manteve elevada, quando comparada aos demais tratamentos, 51,9%, em relação aos 46,3% da bandeja 100% terra e 11,5% da bandeja 100% lodo. Na

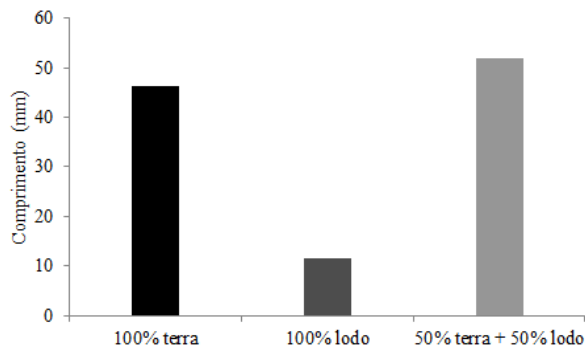
Neto (2011) destaca que as plantas submetidas ao tratamento com 56,25% de lodo apresentaram maior comprimento radicular (32,9 cm). E, ao comparar o desenvolvimento das espécies nos diferentes tratamentos, a substituição completa da terra por lodo, não interferiu no desenvolvimento radicular das espécies. Este dado confirma os valores encontrados neste estudo, onde o tratamento com 50% terra + 50% lodo obteve as melhores médias de comprimento radicular, quando comparada aos demais tratamentos, talvez pelo fato de que a combinação lodo e



terra formem uma mistura que beneficie a não compactação do substrato, permitindo a presença de poros, favorecendo assim o desenvolvimento das radículas.

**Figura 7** são apresentadas as médias de comprimento das radículas dos tratamentos. Neto (2011) destaca que as plantas submetidas ao tratamento com 56,25% de lodo apresentaram maior comprimento radicular (32,9 cm). E, ao comparar o desenvolvimento das espécies nos diferentes tratamentos, a substituição completa da terra por lodo, não interferiu no desenvolvimento radicular das espécies. Este dado confirma os valores encontrados neste estudo, onde o tratamento com 50% terra + 50% lodo obteve as melhores médias de comprimento radicular, quando comparada aos demais tratamentos, talvez pelo fato de que a combinação lodo e terra formem uma mistura que beneficie a não compactação do substrato, permitindo a presença de poros, favorecendo assim o desenvolvimento das radículas.

**Figura 7.** Média do comprimento das radículas



Fonte: Elaborada pelas autoras.

#### 4.5 Retração do lodo nos tratamentos

Após 29 dias de experimento no tratamento com 100% lodo, foi definido pelo encerramento desta bandeja. Por falta de aeração, as mudas não estavam recebendo a hidratação correta, pois o lodo retém a água no interior de suas células e a planta não consegue absorvê-la, podendo levá-las a morte. Diferentemente dos outros tratamentos, a bandeja com 100% lodo apresentou um aspecto completamente endurecido e retraído de material, percebeu-se que a água escorria pelas laterais dos recipientes e não era absorvida para o interior das radículas.

A retração do lodo nos recipientes foi crescente com o passar dos dias. Como tentativa de deixá-lo menos endurecido para a irrigação, as garrafas foram apertadas com cuidado, porém, o lodo que estava bem compactado e quebradiço, permaneceu com este aspecto até o final do experimento. A retração do tratamento com 100% lodo foi de cerca de 3cm (Figura 8).

**Figura 8.** Retração no tratamento com 100% lodo



Fonte: Registrada pelas autoras.

O tratamento com 50% terra + 50% lodo (Figura 9) apresentou retração de 1,5 cm e textura semelhante a uma argila, porém, não estava enrijecido como o do tratamento com 100% lodo. Verifica-se que devido a falta de umidade o lodo se torna quebradiço. O tratamento com 100% terra não conferiu resistência na percolação da água.

**Figura 9.** Retração no tratamento com 50% terra + 50% lodo



Fonte: Registrada pelas autoras.

Um fator importante a ser observado, é que na etapa de centrifugação do lodo na ETA do município de Gravataí é adicionado polieletrólito para que ocorra a floculação. Este polímero confere peso ao floco aglutinando a parte sólida do efluente. Este produto químico pode favorecer essa característica compacta ao lodo, influenciando no crescimento das radículas e impactando diretamente no resultado final do desenvolvimento das mudas submetidas aos tratamentos com este resíduo.

#### **4.6 Vantagem da utilização do lodo como substrato para a produção de mudas**

O processo de aproveitamento e valorização de resíduos está intimamente ligado ao processo de produção de produtos. Neste caso, o produto obtido do processo é água tratada. Da extração desta água, também são extraídos da natureza, minerais e sedimentos, que por sua vez, vão dar origem a um composto ou substância denominada lodo. Mesmo que as principais técnicas aplicadas atualmente para a destinação do lodo de ETA incluam aplicação em materiais de construção, é importante ressaltar que as mesmas conferem a inertização do lodo nestas matrizes, uma vez que não permitem a devolução dos nutrientes nele presente, para a natureza. Já ao aplicar o conceito do “berço ao berço” verifica-se a importância de que ao reutilizar um resíduo composto por matéria orgânica e inorgânica como camada de substrato para produção de mudas, devolve-se ao processo produtivo, o que havia sido extraído da natureza. Neste caso, o resíduo servirá não só de suporte, mas também de alimento para planta e este por sua vez estaria recuperando os nutrientes inserindo-os novamente ao ciclo biogênico.

### **5. CONCLUSÃO**

Neste trabalho foi utilizado lodo de ETA como substrato na produção de mudas. Baseado nos resultados encontrados por outros autores, onde a utilização do lodo foi positiva nos tratamentos realizados, o decréscimo no desenvolvimento após determinado período das mudas pode não estar diretamente relacionado somente com a presença de alumínio no resíduo, mas também pelo seu comportamento físico, retração devido a presença de componente polimérico usado na estação de tratamento como agente floculante. A reduzida aeração do substrato influenciou na perda de capacidade de absorver e reter umidade durante o processo de crescimento das plantas, o que prejudicou a absorção de água e conseqüentemente de nutrientes. Apesar das mudas

submetidas aos tratamentos com lodo apresentarem variações morfológicas, a taxa de sobrevivência das espécies indica que a aplicação do lodo no cultivo de mudas mostra-se relevante, principalmente do ponto de vista da recuperação de nutrientes presentes no lodo, podendo, contudo, se tornar uma alternativa de valorização deste tipo de lodo. Contudo, sugerem-se mais estudos cujas formulações contendo teores de terra e lodo possibilitem melhor desenvolvimento das plantas.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao CNPq/Projeto VARSIN-Valorização de Resíduos Sólidos Industriais, edital 2014 – Ciência sem Fronteiras, modalidade Bolsa de Pós-doutorado, Atração de Jovem talento - Nível B.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. S.; GONZAGA, A. P. D.; SOUSA, H.; NUNES, Y. R. F.; CIPRIANI, H. N. **Cotyledon integrity on *Anadenanthera colubrina* (vell.) brenan 227 (Fabaceae - Mimosoideae) germination and early establishment.** *Lavras*, v. 16, n. 2, p. 227-234, 2010.

ANDRADE, C. F.; SILVA, C. M.; OLIVEIRA, F. C. Gestão ambiental em saneamento: uma revisão das alternativas para tratamento e disposição do lodo de ETA e seus impactos na qualidade das águas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL - CONGEA, 5, 2014, Belo Horizonte. **Gestão Ambiental – Ações e Comportamento.** Belo Horizonte: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento, 2014. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/IX-004.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2015.

AUGUSTO, J.; HAFLE, O. M.; SENA, R. F.; ROLIM, H. O.; PORDEUS, P. R. F. **Desenvolvimento inicial de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpinieaeefolia* Benth) em substratos com utilização do lodo de Estação de Tratamento de Água.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 4, 2015, Belém/PA. *Cadernos de Agroecologia* –v. 10, n. 3, 2015. Disponível em: <<http://www.abaagroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/download/19336/11247>>. Acesso em 02 jun. 2016.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **Métodos e técnicas de tratamento e disposição dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** 1. ed. São Carlos: LDiBe Ltda, 2012.

DI BERNARDO, Luiz; PAZ, Lyda Patrícia Sobogal. **Seleção de tecnologias de tratamento de água.** 1. ed. São Carlos: LDiBe Ltda, 2007.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 2. ed. São Carlos: RiMa, 2005.

FERREIRA, R. P.; MOREIRA, A.; RASSINI, J. B. **Toxidez de alumínio em culturas anuais.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/ CPPSE/16821/1/Documentos-63.pdf>>. Acesso em 31 maio 2016.

GUARNIERI, Patrícia. **Logística reversa:** em busca do equilíbrio econômico e ambiental. Recife: Editora Clube dos Autores, 2011.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.



MACHADO, L. C. T.; PONTE, M. X.; LOPES, L. N. A.; PEREIRA, J. A. R. **Utilização de resíduos de ETA como insumo agrícola.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – CBESA, 23, 2005, Campo Grande/MS. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/I-175.pdf>>. Acesso em 02 jun. 2016.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to Cradle. Remaking the way we make things.** Vintage Books. London, 2009.

MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F. T.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, v. 24, p. 13-29, 2010.

NETO, A. F. **Utilização do lodo de estação de tratamento de água na produção de mudas de árvores com ocorrência no cerrado.** 2011. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) – Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2011.

TAKADA, C. R. S.; SERRA, J. C. V.; MAFRA, W. A.; BORBA, C. C. A. Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água no município de Palmas – TO. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, p. 157-165, 2013.

TEIXEIRA, S. T.; MELO, W. J.; SILVA, E. T. Aplicação de lodo da estação de tratamento de água em solo degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 40, n. 1, jan. 2005.