

## **Substratos a base de lodo de esgoto solarizado e pirolizado para produção de mudas de alface**

### **Solarized and pyrolyzed sewage sludge based substrates for lettuce seedlings production**

Alex Becker Monteiro<sup>1</sup>, Ivan dos Santos Pereira<sup>2</sup>, Cristiane Mariliz Stöcker<sup>3</sup>, Marcelo Alves Peres<sup>4</sup>, Rozane Martinazzo<sup>5</sup>, Adilson Luís Bamberg<sup>6</sup>, Luís Carlos Timm<sup>7</sup>

**Resumo:** O lodo de estações de tratamento de esgoto (LETE) é um subproduto com potencial de uso agrícola. Entretanto, possui como principal limitação a possibilidade de conter microrganismos patogênicos, fazendo com que a utilização de métodos de desinfecção seja essencial. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de substratos formulados a partir de diferentes proporções de LETE solarizado e LETE pirolizado (biochar), na produção de mudas de alface (*Lactuca sativa L.*). O estudo foi conduzido em casa de vegetação durante os meses de junho e julho de 2016. Os doze tratamentos consistiram de cinco doses crescentes de LETE solarizado e cinco de biochar, combinados com vermiculita e cinza de casca de arroz (20:40:40, 30:35:35, 40:30:30, 50:25:25 e 60:20:20), além de dois substratos comerciais (testemunhas). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 12 tratamentos e quatro repetições. As variáveis resposta avaliadas foram: número de folhas, comprimento do sistema radicular, massa fresca da parte aérea e do sistema radicular (g). As variáveis físico-hídricas dos substratos avaliados foram: água facilmente disponível (%) e água tamponante (%). Os resultados obtidos demonstram que a pirólise do LETE melhora a sua qualidade para o uso como

<sup>1</sup> 1Doutorando em Ciências – PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água da Universidade Federal de Pelotas.

<sup>2</sup> 2Pós-doutorando UFPel/Embrapa/Corsan.

<sup>3</sup> 3Doutoranda em Agronomia – PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas.

<sup>4</sup> 4Graduando em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas.

<sup>5</sup> 5Pesquisadora – Sistema de Produção Sustentáveis – Embrapa Clima Temperado.

<sup>6</sup> 6Pesquisador – Uso Sustentável de Recursos Naturais – Embrapa Clima Temperado.

<sup>7</sup> 7Professor Associado III da Universidade Federal de Pelotas (Depto de Engenharia Rural, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel).

componente de substratos. O substrato formulado com 20% de biochar, 40% de vermiculita e 40% de cinza de casca de arroz apresenta melhor desempenho quando comparado aos demais substratos estudados para a produção de mudas de alface, proporcionando às plantas um desenvolvimento igual ou superior ao observado nos substratos comerciais utilizados como referência. Os substratos a base de LETE solarizado proporcionam valores de água facilmente disponível e água tamponante abaixo dos recomendados pela literatura.

**Abstract:** Sewage sludge (LETE) is a byproduct with potential for agricultural use. However, its main limitation is the possibility of containing pathogenic microorganisms, making the use of disinfection methods essential. The objective of this work was to evaluate the performance of substrates formulated from different proportions of solarized LETE and pyrolyzed LETE (biochar), in the production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedlings. The study was conducted in a greenhouse during June and July of 2016. The twelve treatments were consisted of five increasing doses of solarized LETE and five of biochar, combined with vermiculite and carbonized rice husk (20:40:40, 30:35:35, 40:30:30, 50:25:25 and 60:20:20) and, in addition, two commercial substrates (controls). The experimental design was in randomized blocks with 12 treatments and four repetitions. The evaluated response variables were: number of leaves, length of root system (cm), fresh biomass of aerial part and from de root system (g). The physico-hydric variables of the substrates evaluated were: readily available water (%) and buffering water (%). The results show that the pyrolysis of the LETE increases its quality for use as a component of substrates. The substrate formulated with 20% of biochar, 40% of vermiculite and 40% of rice husk ash show better performance when compared to the other substrates studied for the production of lettuce seedlings, giving to the plants a development equal to or greater than the observed for the commercial substrates used as reference. The substrates based on solarized LETE provide values of readily available water and buffering water below those recommended from the literature.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., biossólidos, biochar, características físico-hídricas.

Keywords: *Lactuca sativa* L., biosolids, biochar, physico-hydric characteristics.

## INTRODUÇÃO

O lodo de estação de tratamento de esgoto (LETE) é um subproduto do processo de tratamento de esgoto doméstico, sendo sua utilização de forma barata e segura ainda um grande desafio para a sociedade (BAI et al., 2017).

A aplicação de LETE tem sido preconizada para diversas áreas, com destaque para a agricultura, especialmente na recuperação de áreas degradadas, condicionamento do solo, compostagem e na composição de substratos e fertilizantes para a produção de grãos (SCHEER et al., 2010; FARIA et al., 2013; LATARE et al., 2014; ALVARENGA et al., 2015; BONINI et al., 2015; PIRES et al., 2015). Entre as vantagens do uso do LETE na agricultura se destacam o fornecimento de nutrientes às plantas e o incremento da capacidade de retenção de água e de nutrientes do solo (SILVA et al., 2002).

Uma das aplicações dos LETEs compreende o fornecimento de matéria orgânica na composição de substratos para a produção de mudas de espécies frutíferas, florestais, dentre outras (GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004). De acordo com Faria et al. (2013), o LETE apresenta boa fertilidade, necessitando da mistura com outros componentes apenas para equilibrar a relação entre os nutrientes e para melhorar as características físicas constituindo, desta forma, uma matéria-prima componente de substratos para a produção de mudas. Além disso, o uso do LETE como substrato para a produção de mudas é uma alternativa economicamente viável, tendo em vista a quantidade gerada e a facilidade de obtenção (CALDEIRA et al., 2012a), além de ser um destino mais adequado do que a sua disposição direta no solo, ou em aterros sanitários (CALDEIRA et al., 2012b).

Contudo, embora os resultados de pesquisas venham demonstrando a eficiência agrônômica do LETE na composição de substratos (MARTINS-CORDER et al., 1999; CALDEIRA et al., 2012c; FARIA et al., 2013; CALDEIRA et al., 2013; FREITAS; MELO, 2013), sua utilização pode ser limitada pela presença de organismos patogênicos em níveis acima do permitido pela legislação (CONAMA, 2006), caso sua inativação não seja realizada de forma adequada. Dentre os processos para redução de agentes patogênicos previstos pela legislação vigente

(CONAMA, 2006), pode-se destacar a secagem (solarização) e o tratamento térmico (pirólise) como sendo alternativas de desinfecção com diferentes níveis tecnológicos e de custos.

A secagem de LETE em ambientes protegidos com cobertura plástica, também conhecido como solarização, pode diminuir em mais de 80% o volume original dos LETEs, levando a uma redução proporcional dos custos de manuseio, transporte e disposição, além de ter o potencial de proporcionar a desinfecção do LETE, conforme verificado pela drástica redução do conteúdo de coliformes totais e fecais (MATHIOUDAKIS et al., 2013). Já a pirólise tem se apresentado como um dos principais métodos para o tratamento de LETEs em nível mundial, visando a garantia de sua desinfecção completa (AGRAFIOTI et al., 2013). O produto oriundo da pirólise de materiais orgânicos, como o LETE, é conhecido como biochar, sendo este material rico em carbono e nutrientes, influenciando também na porosidade, na capacidade de armazenamento de água e garantindo a sanidade do material final, seja quando adicionado no solo ou na composição de substratos (SILVA et al., 2017).

Apesar das vantagens enumeradas, a pirólise de LETEs como estratégia de desinfecção no Brasil ainda é pouco utilizada. Apenas de forma mais recente pesquisadores vem se dedicando no desenvolvimento de formas de uso desse produto (ARAUJO, 2015; SOUZA, 2015; ARAUJO, 2016; SILVA et al., 2017).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de substratos formulados a partir de diferentes proporções de LETE solarizado e pirolizado (biochar), na produção de mudas de alface (*Lactuca sativa L.*).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido entre junho e julho de 2016, em casa de vegetação dotada de controle automático da temperatura (15-30 °C), localizada na Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Terras Baixas – Capão do Leão-RS, nas coordenadas geográficas de 31°49'13" Sul e 52°27'50" Oeste.

O LETE utilizado foi coletado em Estação de Tratamento de Esgoto doméstico cujo processo de tratamento é aeróbio. Após a coleta, o LETE foi solarizado, processo que consistiu do acondicionamento do mesmo em caixas de fibra de vidro, em camadas de 0,1 m de espessura, colocadas no interior de uma estufa agrícola confeccionada em plástico transparente, com controle automatizado de aeração e aquecimento. O sistema de aeração foi acionado toda vez que a temperatura superou 32 °C e desligado quando atingiu 28 °C e o sistema de aquecimento foi acionado toda vez que a temperatura atingiu 15 °C e desligado quando superou 19 °C. O LETE permaneceu nesta condição por aproximadamente 45 dias, até atingir teor de umidade inferior a 20%.

Após a solarização, parte do material foi identificado e acondicionado em sacos plásticos (25 litros) e armazenado até a instalação do experimento. A outra parte foi submetida ao processo de pirólise com suprimento parcial de ar e temperatura variável (300-600 °C) durante três horas num carbonizador confeccionado de acordo com Medeiros (1998). Por fim, a granulometria do LETE solarizado e do biochar de LETE foi padronizada utilizando-se peneira de malha 2,0 mm.

Amostras de LETE solarizado e de biochar de LETE foram encaminhadas para a caracterização química em laboratório acreditado pelo Inmetro (Eurofins – ALAC). Para o LETE solarizado os resultados foram: pH = 6,0, C orgânico total = 35%, N = 5,7%, P = 2,4%, K = 0,49%, Ca = 1,6%, Mg = 0,56%, S = 0,99%, Cu = 125 mg kg<sup>-1</sup>, Zn = 969 mg kg<sup>-1</sup>, Fe = 2,3%, Mn = 328 mg kg<sup>-1</sup>, Na = 520 mg kg<sup>-1</sup>, Al = 0,92%, B = 56 mg kg<sup>-1</sup> e CTC = 556 mmol kg<sup>-1</sup>.

Os tratamentos (substratos) consistiram de cinco proporções crescentes de LETE solarizado (T1-T5) e cinco de biochar de LETE (T6-T10), além de dois substratos comerciais (T11 e T12) (Tabela 1). Os substratos formulados a partir de LETE solarizado e de biochar de LETE foram compostos ainda de vermiculita fina e cinza de casca de arroz.

**Tabela 1:** Substratos formulados com LETE solarizado, biochar de LETE, vermiculita, cinza de casca de arroz e dois substratos comerciais (testemunhas).

Tratamento	LETE solarizado	Biochar de LETE	Vermiculita	Cinza de casca de arroz	Substrato comercial 1	Substrato comercial 2
	----- % -----					
T1	20		40	40		
T2	30		35	35		
T3	40		30	30		
T4	50		25	25		
T5	60		20	20		
T6		20	40	40		
T7		30	35	35		
T8		40	30	30		
T9		50	25	25		
T10		60	20	20		
T11					100	
T12						100

Os substratos foram distribuídos em bandejas de poliestireno expandido contendo 78 células com volume de 110 cm<sup>3</sup>. Sementes comerciais de alface, cv. Simpson, com poder de germinação de 74%, foram semeadas em 20 de junho de 2016. A partir deste momento, as bandejas foram mantidas em sistema *floating* durante todo o período experimental. As plantas foram avaliadas aos 29 dias após a emergência, quando atingiram o ponto considerado ideal para o transplante.

As variáveis-resposta avaliadas foram: número de folhas, comprimento do sistema radicular, massa fresca da parte aérea e do sistema radicular. O número de folhas foi obtido mediante contagem das folhas verdadeiras. O comprimento do sistema radicular foi medido em seis plantas (unidade experimental) por parcela, com régua graduada. Nas mesmas plantas avaliou-se a massa fresca da parte aérea e do sistema radicular, sendo estas acondicionadas em sacos de papel e pesadas em balança analítica.

As características físicas determinadas nos substratos foram: água facilmente disponível, que corresponde ao volume de água determinado entre os pontos de 10 e 50 cmca de tensão, e água tamponante, determinada entre os pontos de 50 e 100 cmca de tensão.

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, com quatro repetições e seis plantas por parcela. Os resultados obtidos foram avaliados quanto à normalidade de suas distribuições e à presença de valores discrepantes. Também foram submetidos à análise de variância e, para variáveis com efeito de tratamento significativo (teste F, 5% de probabilidade de erro), foi aplicado o teste de comparação de médias de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas com o software ASSISTAT versão 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

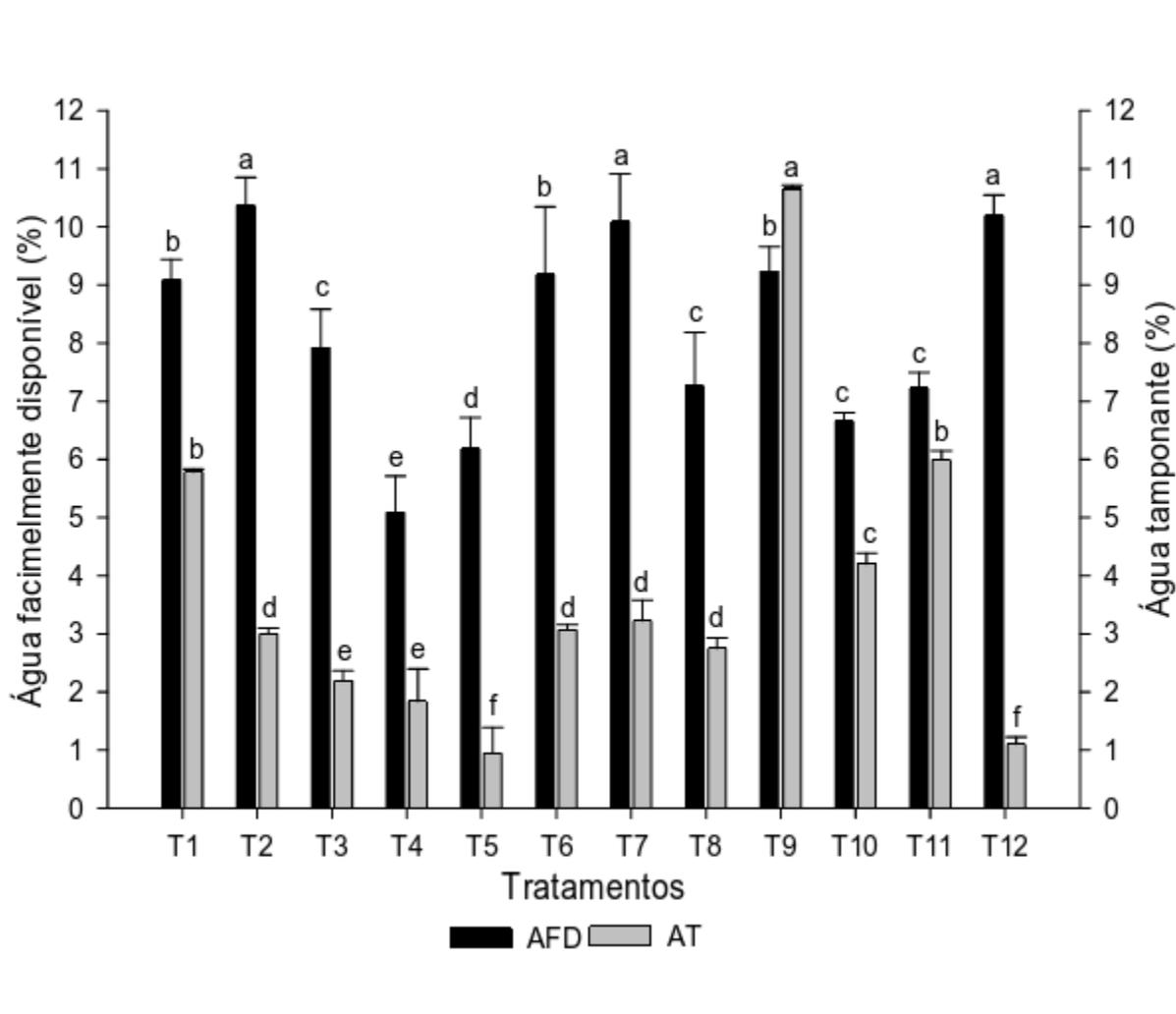
Nas variáveis físico-hídricas, pode-se observar um comportamento bastante heterogêneo entre os substratos testados onde, T2 (30% de LETE solarizado), T7 (30% de biochar de LETE) e T12 (substrato comercial 2) formaram o grupo com os valores mais elevados de água facilmente disponível, apresentando valores médios de 10,4%, 10,1% e 10,2%, respectivamente. Segundo De Boodt & Verdonck (1972) os valores considerados ideais para água facilmente disponível devem ser entre 20 a 30%, recomendação que não foi obtida para nenhum dos substratos avaliados. Pode-se observar ainda que os valores mais críticos foram encontrados nos substratos T4 e T5, compostos por 50 e 60% de LETE solarizado, o que pode ter influenciado no crescimento vegetativo das mudas.

Os valores baixos de água facilmente disponível apresentados por todos os substratos formulados nesse estudo podem ter inibido o crescimento vegetativo das mudas (ZORZETO et al., 2014), o que fica bastante evidente nos substratos T3, T4 e T5, que apresentaram os menores valores de comprimento do sistema radicular e de massa fresca da parte aérea e do sistema radicular (Tabela 2).

Valores considerados ideais para a água tamponante, de acordo com De Boodt & Verdonck (1972), devem ser de 5% onde, somente os substratos T1 (20% de LETE solarizado), T9 (50% de biochar de LETE) e T11 (substrato comercial 1) apresentaram valores acima da faixa ideal. Substratos que apresentam valores de água tamponante próximos ao recomendado proporcionam suprimento hídrico adequado para as plantas (SILVA et al., 2017). Entretanto, Zorzeto et al. (2014)

evidenciam que a água tamponante geralmente não é aproveitada em cultivos comerciais protegidos, visto que nesta situação as plantas já estariam sob estresse hídrico para essa condição de cultivo.

O número de folhas da alface teve resposta significativa aos substratos estudados, tendo-se observado a formação de três grupos com comportamento distinto (Tabela 2). O grupo no qual se observou o maior número de folhas foi formado pelos substratos T6, T7 e T10, compostos por 20, 30 e 60% de biochar de LETE, respectivamente, assim como o substrato comercial 1 (T11) (Tabela 2). Por outro lado, as plantas submetidas aos substratos com as maiores proporções de LETE solarizado (T3, T4 e T5) não apresentaram folhas verdadeiras no momento da avaliação (Tabela 2).



**Figura 1:** Água facilmente disponível (AFD) e água tamponante (AT) em substratos formulados com LETE solarizado, biochar de LETE e em substratos comerciais.

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. T1- 20% LETE solarizado (LETE *sol*) + 40% vermiculita (VER) + 40% cinza de casca de arroz (CCA); T2- 30% LETE *sol* + 35% VER + 35% CCA; T3- 40% LETE *sol* + 30% VER + 30% CCA; T4- 50% LETE *sol* + 25% VER + 25% CCA; T5- 60% LETE *sol* + 20% VER + 20% CCA; T6- 20% biochar de LETE (Bioc LETE) + 40% VER + 40% CCA; T7- 30% Bioc LETE + 35% VER + 35% CCA; T8- 40% Bioc LETE + 30% VER + 30% CCA; T9- 50% Bioc LETE + 25% VER + 25% CCA; T10- 60% Bioc LETE + 20% VER 20% CCA; T11- substrato comercial 1 Beifort® S10 B; T12- substrato comercial 2 Mac Plant®.

A variável comprimento do sistema radicular foi influenciada significativamente pelos substratos avaliados (Tabela 2). O substrato que apresentou o melhor desempenho foi o T6, constituído pela menor quantidade de biochar de LETE seguido pelos substratos T7, com 30% de biochar de LETE, e pelo substrato comercial 1 (T11) (Tabela 2). Por outro lado, os substratos que apresentaram os menores comprimentos do sistema radicular, foram os elaborados com as maiores proporções de LETE solarizado (T3, T4 e T5).

**Tabela 2.** Número de folhas, comprimento do sistema radicular, massa fresca da parte aérea e massa fresca do sistema radicular de mudas de alface cultivadas em diferentes substratos formulados com LETE solarizado e biochar de LETE.

Tratamento	Número de folhas*	Comprimento do sistema radicular (cm)	Massa fresca de parte aérea (g)	Massa fresca do sistema radicular (g)
T1	1,743 b	7,253 c	2,839 c	0,604 c
T2	1,090 c	6,230 c	2,183 c	0,406 c
T3	-	0,238 d	0,046 d	0,001 d
T4	-	0,108 d	0,022 d	0,001 d
T5	-	0,095 d	0,026 d	0,001 d
T6	3,165 a	13,173 a	10,491a	2,516 a
T7	2,875 a	10,435 b	7,670 b	1,723 b
T8	1,558 b	7,950 c	3,484 c	0,594 c
T9	0,993 c	7,465 c	2,480 c	0,420 c
T10	2,375 a	8,418 c	6,261 b	0,991 c
T11	2,960 a	10,178 b	7,929 b	1,497 b
T12	1,700 b	8,530 c	5,612 b	1,419 b
<b>CV (%)</b>	<b>53,16</b>	<b>27,17</b>	<b>42,73</b>	<b>46,99</b>

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. T1- 20% LETE solarizado (LETE *sol*) + 40% vermiculita (VER) + 40% cinza de casca de arroz (CCA); T2- 30% LETE *sol* + 35% VER + 35% CCA; T3- 40% LETE *sol* + 30% VER + 30% CCA; T4- 50% LETE *sol* + 25% VER + 25% CCA; T5- 60% LETE *sol* + 20% VER + 20% CCA; T6- 20% biochar de LETE (Bioc LETE) + 40% VER + 40% CCA; T7- 30% Bioc LETE + 35% VER + 35% CCA; T8- 40% Bioc LETE + 30% VER + 30% CCA; T9- 50% Bioc LETE + 25% VER + 25% CCA; T10- 60% Bioc LETE + 20% VER 20% CCA; T11- substrato comercial 1 Beifort® S10 B; T12- substrato comercial 2 Mac Plant®.

As variáveis massa fresca da parte aérea e massa fresca do sistema radicular apresentaram comportamento semelhante dos substratos estudados (Tabela 2), ocorrendo a formação de quatro grupos distintos para ambas. O maior valor médio de massa fresca da parte aérea foi observado no substrato T6, que é formado pela menor proporção de biochar de LETE. Os substratos T7 e T10, contendo 30 e 60% de biochar de LETE, respectivamente, juntamente com os substratos comerciais 1 e 2 (T11 e T12) também tiveram elevada massa fresca da parte aérea e do sistema radicular, sendo inferiores apenas ao tratamento T6. Por outro lado, os substratos com LETE solarizado, especialmente T3, T4 e T5, com as maiores proporções deste material, tiveram o pior desempenho dentre os substratos avaliados (Tabela 2).

De modo geral, os resultados obtidos com as variáveis de crescimento das mudas de alface podem ser explicados pelos resultados das análises físicas dos substratos, principalmente pela água facilmente disponível. Pode-se observar que os tratamentos com as maiores doses de LETE solarizado (T3, T4 e T5) tiveram o pior desempenho geral, resultado que provavelmente está relacionado ao baixo teor de água facilmente disponível nesses substratos, ou seja, as plantas destes tratamentos podem ter sofrido déficit hídrico.

## CONCLUSÕES

O biochar de LETE apresenta desempenho superior ao LETE solarizado como componente de substrato.

O substrato com 20% de biochar de LETE, 40% de vermiculita e 40% de cinza de casca de arroz apresenta melhor desempenho entre os substratos estudados para a produção de mudas de alface em sistema floating.

Os substratos a base de LETE solarizado, nas proporções estudadas, apresentam valores abaixo dos recomendados para água facilmente disponível e água tamponante.

## REFERENCIAS

- AGRAFIOTI, E.; BOURAS, G.; KALDERIS, D.; & DIAMADOPOULOS, E. Biochar production by sewage sludge pyrolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**. v.101, p.72-78, 2013.
- ALVARENGA, P.; MOURINHA, C.; FARTO, M.; SANTOS, T.; PALMA, P.; SENGO, J.; MORAIS, M-C.; CUNHA-QUEDA, C. Sewage sludge, compost and other representative organic wastes as agricultural soil amendments: Benefits versus limiting factors. **Waste Management**, 2015.
- ARAUJO, A. S. de. **Efeito do biochar de lodo de esgoto na redução das emissões de óxido nitroso do solo sob condições de incubação**. 38 f. Monografia (Especialização) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- ARAUJO, D. D. de. **Efeito do biochar de lodo de esgoto no crescimento inicial de mudas de erythrina velutina willd**. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- ATTIAS, N.; SIQUEIRA, M. F.; DE GODOY BERGALLO, H. Acácias australianas no Brasil: histórico, formas de uso e potencial de invasão. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2, p. 74-96, 2014.
- BAI, Y.; ZANG, C.; GU, M.; GU, C.; SHAO, H.; GUAN, Y.; WANG, X.; ZHOU, X.; SHAN, Y.; FENG, K. Sewage sludge as an initial fertility driver for rapid improvement of mudflat salt-soils. **Science of the Total Environment**, v. 578, p. 47-55, 2017.
- BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.19, n.4, p.388-393, 2015.
- CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; LÜBE, S. G.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. de O.; ALVES, A. F. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 1, p. 77 - 84, 2012a.
- CALDEIRA, M. V. W.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. de O.; DELARMELINA, W.; M.; SPERANDIO, H. V.; TRAZZI, P. A. Biossólido como substrato para a produção de mudas de *Toona ciliata* Var. *australis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.6, p.1009-1017, 2012b.
- CALDEIRA, M. V. W.; PERONI, L.; GOMES, D. R.; DELARMELINA, W. M.; TRAZZI, P. A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 015-022, 2012c.
- CALDEIRA, M. V.; DELARMELINA, W. M.; PERONI, L.; GONÇALVES, E. O.; SILVA, A. G. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Agricultural Research in the Tropics), v. 43, n. 2, p. 10-1590/S1983-40632013000200002, 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2006. **Resolução Conama Nº 375**, de 29 de agosto de 2006.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in floriculture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 26, p. 37-44, 1972.

FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; LACERDA, L. C.; GONÇALVES, E. de O. Substratos à base de lodo de esgoto na produção de mudas de Senna alata. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.4, n.4, p.342-351, 2013.

FREITAS, R. X. A.; MELO, G. A. Avaliação do uso de biocomposto de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas. **Monografias Ambientais**, v. 12, n. 12, p. 2665-2673, 2013.

GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28: 1069-1076, 2004.

LATARE, A. M.; KUMAR, O.; SINGH, S.K.; GUPTA, A. Direct and residual effect of sewage sludge on yield, heavy metals content and soil fertility under rice-wheat system. **Ecological Engineering**, 69, 17-24. 2014.

MARTINS-CORDER, M. P.; BORGES, R. Z.; JUNIOR, N. B. Fotoperiodismo e quebra de dormência em sementes de Acácia-Negra (*Accacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p. 71-77, 1999.

MATHIOUDAKIS, V. L.; KAPAGIANNIDIS, A. G.; ATHANASOULIA, E.; PALTZOGLU, A. D.; MELIDIS, P.; AIVASIDIS, A. Sewage Sludge Solar Drying: Experiences from the First Pilot-Scale Application in Greece, **Drying Technology: An International Journal**, 31:5, 519-526, 2013.

PIRES, A. M. M.; ANDRADE, C. A. de; SOUZA, N. A. P. de; CARMO, J. B. do; COSCIONE, A. R.; CARVALHO, C. S. Disponibilidade e mineralização do nitrogênio após aplicações sucessivas de lodo de esgoto no solo, estimadas por meio de incubação anaeróbica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.4, p.333-342, 2015.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. dos. Substratos à base de esgoto compostado na produção de mudas de Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 637-644, 2010.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, I. S.; MACKOWIAK, C.; MINOGUE, P.; REIS, A. F.; MOLINE, E. F. da V. Potential impacts of using sewage sludge biochar on the growth of plant forest seedlings. **Ciência Rural**, v. 47, n. 1, 2017.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. i - Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 26, n. 2, pp. 487-495, 2002.

SOUSA, A. A. T. C. de. **Biochar de lodo de esgoto: efeitos no solo e na planta no cultivo de rabanete**. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.



ZORZETO, Q. T.; DECHEN, S. C. F.; ABREU, M. F.; JÚNIOR, F. F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v. 73, n. 3, 2014.