

**VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE LODO DE ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO ALFACE**

**José Luís Tavares da Silva
Marcelo Cavalcante
José Anderson Soares Barros**

FICHA CATALOGRÁFICA



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Marechal Deodoro
Biblioteca Dorival Apratto

S586v

Silva, José Luís Tavares da.

Viabilidade técnica do uso de lodo de estação de tratamento de água na produção alface / José Luís Tavares da Silva, Marcelo Cavalcante, José Anderson Soares Barros. – 2022.

17 f. : il., col.

Inclui bibliografia, figuras, e anexos.

Produto educacional (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Marechal Deodoro, Marechal Deodoro*, 2022.

1. Lodo de ETA. 2. Lactuca Sativa L. 3. Substratos comerciais. 4. Resíduo sólido. I. Título. II. Cavalcante, Marcelo. III. Barros, José Anderson Soares.

CDD: 363.7

Andreia Gomes de Azevedo
Bibliotecária – CRB- 4/2164

SUMÁRIO EXECUTIVO

Tipo de Produto Técnico e Tecnológico: Material Didático.

Demanda: Agreste Saneamento S/A e Semear Agropecuária S/A.

Objetivo: indicar cultivares de alface a substratos específicos, avaliadas nos estágios iniciais de crescimento e produção.

Aplicabilidade: Nacional, considerando que a produção de lodo e de mudas ocorrem em todo o país.

Inovação: Médio teor inovativo, por combinar conhecimentos pré-estabelecidos.

Inserção social: o uso do lodo reduz o custo de produção de mudas de alface, a partir da aquisição de substratos, com reflexos no produtor rural.

CONTEXTUALIZAÇÃO

O desenvolvimento urbano e industrial são algumas das principais causas do aumento no volume de resíduos e na complexidade de descarte. Um dos problemas enfrentados pelas indústrias modernas é a busca pela redução da geração de resíduos, seu reaproveitamento e destinação adequada, conforme legislação vigente que regulamenta atividades com potencial poluidor (Moreira et al., 2017).

Segundo Coelho et al. (2015), o tratamento das águas provenientes de mananciais subterrâneos ou superficiais é de suma importância para a população. No entanto, para que a água bruta possa se tornar adequada ao consumo humano, torna-se necessário o emprego de diferentes processos (físicos, químicos e biológicos) em Estações de Tratamento de Águas (ETA's).

O primeiro problema, na operação de descarte do lodo de ETA, está no seu grande volume, decorrente do elevado teor de água presente. Por essa razão, torna-se necessário que, antes de se definir qualquer forma de disposição, o lodo passe por um tratamento de desidratação ou deságue (Motta Sobrinho et al., 2019). A Agreste Saneamento S/A, atua em conjunto com a Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL) através de uma parceria público-privada, realizando a gestão da ETA do Sistema Coletivo do Agreste localizada em Arapiraca – AL. Responsável por captar, aduzir e tratar água, assegurando melhorias nos sistemas de abastecimento em 10 municípios da região Agreste do Estado, beneficiando mais de 377 mil habitantes, gerando anualmente, valores próximos a 1.600 Mg de lodo de ETA.

As empresas responsáveis pelas estações de tratamento e distribuição de água deverão estar em conformidade com uma série de disposições legais, tais como: A NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004), que enquadra o lodo de ETA como Resíduo Sólido Classe II A – Não Inerte. Na busca por alternativas sustentáveis, a reutilização de resíduos na formação de substratos tem sido frequentemente alvo de estudos que visam o aproveitamento dos nutrientes contidos nesses materiais, a redução do custo de produção, além da mitigação dos impactos ambientais negativos gerados (Araújo et al., 2017).

Na busca por alternativas sustentáveis, a reutilização de resíduos na formação de substratos tem sido frequentemente alvo de estudos que visam o aproveitamento dos nutrientes contidos nesses materiais, a redução do custo de produção, além da mitigação dos impactos ambientais negativos gerados (Araújo et al., 2017).

No Brasil existe uma diversidade de substratos disponíveis no mercado, seguindo as especificações estabelecidas pela Instrução Normativa nº 5/2016 do Ministério da

Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Uma forma de suprir a demanda por substratos é a utilização de resíduos e subprodutos de composição orgânica que estejam localmente disponíveis (Pereira et al., 2020).

A produção de mudas utiliza um expressivo volume de substratos, insumo indispensável também em diferentes segmentos da horticultura (Freitas et al., 2013). Em Alagoas, o município de Arapiraca, região agreste do estado, apresenta-se como principal centro de produção de hortaliças, com destaque para a cultura da alface.

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertence à família Asteraceae, é a hortaliça folhosa mais produzida e consumida no Brasil (Kraemer et al., 2020) em que, para produção de mudas de qualidade, a escolha do substrato com características químico-físicas que favoreçam o pleno desenvolvimento é de fundamental importância (Silva & Queiroz, 2014).

Por suas propriedades físico-químicas, sendo constituído, hegemonicamente, por frações inorgânicas (compostas por argila, silte e areia fina), bem como material orgânico e microrganismos, o lodo é um potencial componente na formulação de substratos para produção de mudas. A associação do lodo de ETA a substratos comerciais para produção de mudas se apresenta como uma alternativa ecologicamente correta e economicamente viável.

Esta pesquisa objetivou indicar cultivares de alface a substratos específicos, avaliadas nos estágios iniciais de crescimento e produção.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no município de Arapiraca, clima é do tipo semiárido quente, BSh segundo a classificação de Köppen (Climate-Date, 2022) e foi dividida em dois estágios experimentais: 1º) em casa de vegetação, visando avaliar a qualidade das mudas; 2º) em nível de campo, objetivando avaliar os componentes de produção.

Experimento em casa de vegetação

A pesquisa foi realizada em viveiro de produção comercial de mudas, modelo capela, coberta com filme de polietileno de baixa densidade, localizada no bairro Flexeiras, Arapiraca/AL, coordenadas geográficas -9.799041 S e -36.604969 W, a 229 metros de altitude, entre fevereiro e março de 2021. Com a utilização de um termohigrômetro digital, modelo FEPRO-MUT600S, foram monitoradas as variações de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação por 14 dias após semeadura (Figura 1).

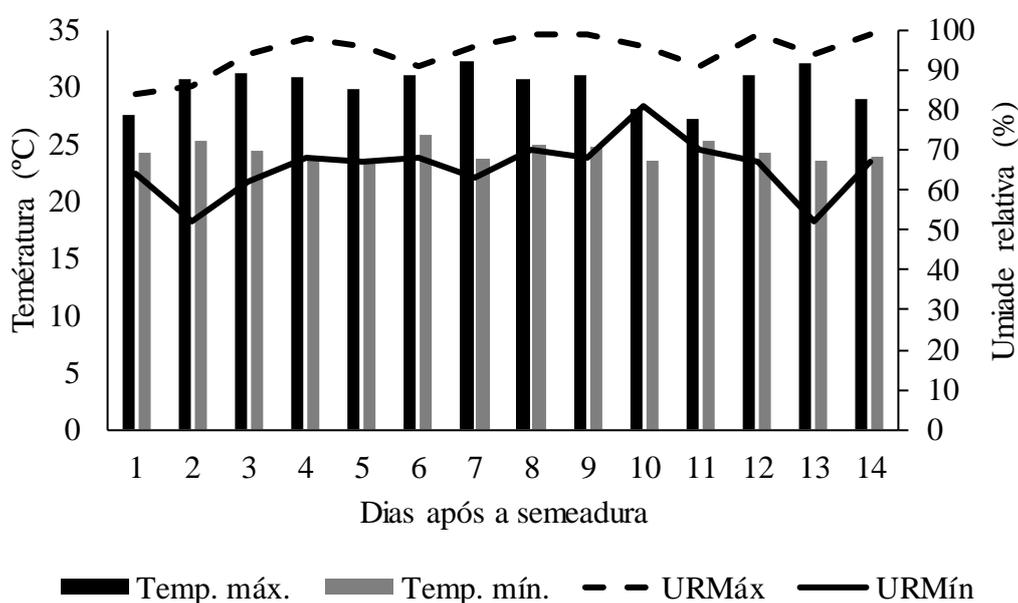


Figura 1. Variação da temperatura e umidade relativa do ar da casa de vegetação durante o período experimental.

O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado, arranjo fatorial 4 x 4 x 5, com quatro níveis de lodo (0, 20, 40 e 60% de substituição de lodo pelo substrato comercial), volumes semelhantes ao utilizado por Siqueira et al. (2019), quatro

substratos comerciais (Pindstrup[®], Vida Verde[®], Bioplant 434[®], Bioplant 401[®]) e cinco cultivares de alface (Veneranda, Camila, Elba, Vitória Verdinha e Diva), com quatro repetições. A parcela foi formada por 10 plântulas, considerando as oito centrais como unidade experimental.

Tabela 1. Informações técnicas disponibilizadas pelos fabricantes dos substratos comerciais.

Componente	Pindustrup	Vida Verde	Bioplant 434	Bioplant 401
Turfa de <i>Sphagnum</i>	*	**	*	*
Casca de arroz	**	*	*	*
Fibra de coco	**	*	*	*
Pinus	**	*	**	**
Vermiculita	**	**	*	*
pH	5,9	5,8	4,6	4,6
Calcário	*	**	*	*
Condutividade (dS m ⁻¹)	0,3	0,5	0,8	0,8
Capacidade de retenção de água (%)	400	150	100	100
NPK	*	14-16-18	11-52-00	14-16-18

*Contém, valores não informados, ** Não contem ou não informado.

Os cultivares de alface foram selecionados pela aceitabilidade dos produtores e consumidores e tiveram as seguintes características: Veneranda, tipo crespa, bordas das folhas cortadas e cor verde; Camila, folhas grandes de cor verde clara; Elba, tipo crespa, folhas grandes verde-claras; Vitória Verdinha, tipo lisa, sem formação de cabeça, cor verde intensa; Diva, tipo americana, cor verde intensa.

O lodo de ETA foi obtido junto a Agreste Saneamento S/A em janeiro de 2021 (Figura 2A e 2B). Em seguida, foi desidratado em estufa a 65°C até atingir massa constante e, logo após, triturado em moinho de discos (Botini[®]).

A partir de uma amostra composta do lodo de ETA, formada por 10 amostras simples, foram realizadas análises químicas, indicando-se: pH (água), 6,1; P (Mehlich), 1,0 mg dm⁻³; K e Na (Mehlich), Ca, Mg e Al (KCl 1N), H (acetato de cálcio pH 7,0), 0,25, 0,25, 4,0, 2,9, 0,0, 2,7 cmol_c dm⁻³, respectivamente. O teor de matéria orgânica total foi de 13,1%. Os teores de Fe, Cu, Zn e Mn (Mehlich) foram 376,0, 0,90, 1,80 e 302,1 mg dm⁻³, respectivamente. A análise física evidenciou que o lodo é classificado como

franco argiloso, com a seguinte constituição: areia grossa, areia fina, silte e argila de 214, 114, 364 e 328 g kg⁻¹, respectivamente.

As mudas foram produzidas em bandejas de 200 células, com volume de 18 cm³ cada, colocando-se uma semente peletizada por célula, manualmente. Utilizou-se, para todos os tratamentos, o substrato comercial Carolina Soil® na cobertura das sementes, por apresentar maior teor de vermiculita, maior retenção de umidade e permitir a mesma condição de emergência para todos os tratamentos, prática adotada pela empresa Semear Agropecuária S/A. A irrigação foi realizada via microaspersão, utilizando um sistema Gyronet LR Netafim, vazão de 70 L h⁻¹, com aplicação de uma lâmina diária de 1,6 mm, em aproximadamente 40 minutos.

Aos oito dias após o plantio, foi avaliado o percentual de emergência. Aos 25 dias após a semeadura, a partir de oito plântulas da área útil da parcela, foram avaliadas a altura média das plântulas (AP, mm), mensurada do colo até o ápice da plântula, com auxílio de uma régua; diâmetro do coleto (DC, mm), mensurado no colo da plântula com auxílio de um paquímetro; massa da parte aérea (MPA, g) foi mensurada com auxílio de uma balança analítica digital; massa da raiz (MR, g), obtida após a separação da raiz com o substrato, em água corrente; massa total (MT, g), obtida pela soma da massa da parte aérea e da raiz. Com esses dados, calculou-se o índice de qualidade da muda (IQM), proposto por Dickson et al. (1960), em que:

$$SQI = \frac{TM}{\frac{SH}{SD} + \frac{SM}{RM}}$$

Experimento em nível de campo

A partir das mudas produzidas no 1º experimento, foi conduzida uma pesquisa em propriedade particular localizada no bairro Batingas, Arapiraca/AL, coordenadas geográficas -9°79'90.4" S e -36°60'49.6" W, 247 m de altitude, entre março e abril de 2021.

O experimento foi instalado sob o delineamento em blocos casualizados, esquema fatorial 3 x 3 x 5, correspondendo a mudas provenientes de três percentuais de lodo em substituição a substratos comerciais (0, 20 e 40%), três tipos de substratos comerciais (Vida Verde®, Bioplant 434® e Bioplant 401®) e cinco cultivares de alface, com três

repetições. A parcela experimental foi constituída por três nove plantas, das quais cinco foram consideradas como área útil (Lúcio et al., 2016).

No local do experimento foi realizada 15 amostras simples de solo, na profundidade 0 – 20 cm, compondo uma amostra composta (500g), para análises químicas, apresentando os seguintes resultados: pH (água), 7,3; P (Mehlich), 120 mg dm⁻³; K e Na (Mehlich), Ca, Mg e Al (KCl 1N), H (acetato de cálcio pH 7,0), 0,32, 0,87, 3,6, 3,0, 0,0, 0,3 cmol_c dm⁻³, respectivamente. O teor de matéria orgânica total foi de 1,37%. Os teores de Fe, Cu, Zn e Mn (Mehlich) foram 120,8, 0,45, 21,24 e 57,77 mg dm⁻³, respectivamente. A adubação utilizada foi constituída por 80 kg de esterco bovino curtido + 60 kg de esterco caprino curtido + 10 kg da fórmula NPK 16-00-20 + 10 kg de torta de mamona, utilizando 30 g planta⁻¹ na adubação de fundação.

Os canteiros tiveram largura de 1,0 m, adotando-se espaçamento de 0,30 x 0,30 m entre plantas e entre linhas. O preparo do solo, a partir do revolvimento e homogeneização, foi feito manualmente. Aos 15 dias após o plantio foi realizada uma capina manual. O sistema de irrigação, instalada no local, foi na modalidade de microaspersão. Porém, não foi utilizado devido a regularidade da precipitação pluvial durante o período experimental, totalizando 94 mm. Durante o período experimental as temperaturas médias, mínima e máxima, foram de 21,7 e 29,8°C, respectivamente.

As variáveis analisadas foram a altura das plantas, largura e comprimento da folha, todas com auxílio de uma régua (cm), e a produtividade comercial (parte aérea sem as raízes; Mg ha⁻¹), com o auxílio de uma balança digital, em que foram descartadas as folhas danificadas.

Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram dispostos em uma matriz M de dupla entrada de dimensão $g \times e$, com ‘ g ’ genótipos e ‘ e ’ ambientes, em que cada um dos nove ambientes foi obtido a partir da combinação dos substratos e das doses de lodo. Na análise dos dados, adotou-se o modelo linear misto ($y = X\beta + Zu + \epsilon$), empregando-se a análise de deviance, em que os efeitos foram avaliados pelo teste LRT (likelihood-ratio test) a 5% de probabilidade pelo teste X^2 . As médias dos cultivares foram preditas pelo método BLUP. Todas as análises foram realizadas no software R (R Core Team, 2021), a partir do pacote *metan* (Olivoto et al., 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliações do experimento em casa de vegetação

Emergência das plântulas

A inclusão de lodo em substituição ao substrato Pindstrup, em qualquer dose, bem como o nível 60% de lodo em qualquer um dos substratos, não promoveram emergência nas plântulas. É possível que o lodo, que apresenta 80,6% de partículas finas e alto teor de matéria orgânica em sua composição (13,1%), quando associado ao substrato, que promove alta retenção de água, tenha reduzido a aeração, comprometendo a germinação e emergência. Silva et al. (2019), estudando os efeitos de substratos alternativos para produção de mudas, observaram que substratos com nível de retenção de água adequado promovem a germinação através da ativação dos processos metabólicos, além do estabelecimento da planta, resultado do desenvolvimento satisfatório o eixo embrionário. Por esta razão, nas demais análises foram excluídos o substrato Pindstrup e o nível 60% de lodo em qualquer um dos substratos.

Índice de qualidade da muda

O comportamento predito de cada cultivar, bem como a estratificação ambiental estão sumarizados na Figura 3. Em geral, o ambiente 4 (Bioplant 434 + 0% Lodo) promoveu as melhores condições para todos os cultivares, refletindo em IQM superiores à média, destacando-se o cultivar Diva, não somente neste ambiente, mas também no 2, 3, 5, 7 e 8; Elba, 1 e 9; Veneranda, 6 (Figura 2). Por outro lado, o ambiente 9 (Bioplant 401 + 40% Lodo) promoveu os menores índices, seguido dos ambientes 2, 5 e 6.

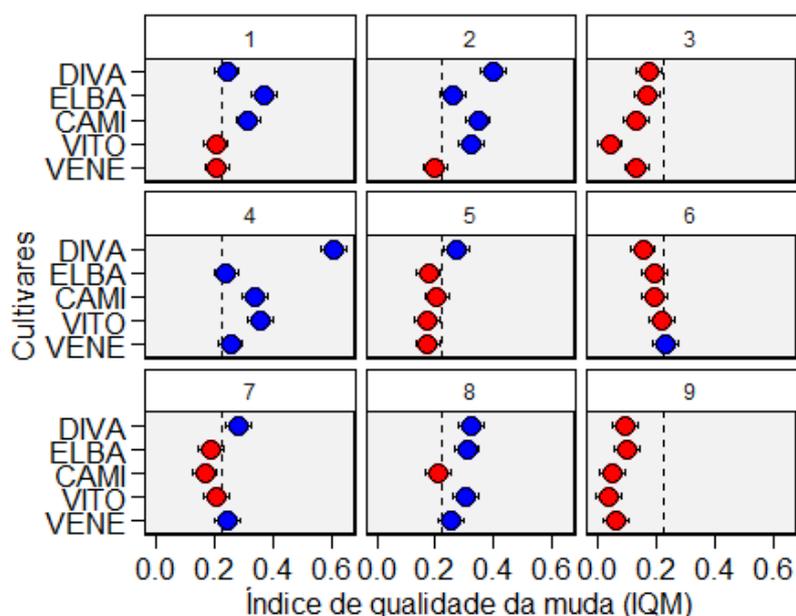


Figura 2. Índice de qualidade da muda predito de cinco cultivares de alface em cada ambiente. Azul e vermelho indicam cultivares que tiveram BLUPs acima e abaixo da média, respectivamente. Barra de erro horizontal representa 95% do intervalo de confiança pelo teste t. Proporção Substrato + Lodo: 1) Vida Verde+0% Lodo; 2) Vida Verde+20% Lodo; 3) Vida Verde+40% Lodo; 4) Bioplant 434+0% Lodo; 5) Bioplant 434+20% Lodo; 6) Bioplant 434+40% Lodo; 7) Bioplant 401+0% Lodo; 8) Bioplant 401+20% Lodo; 9) Bioplant 401+50% Lodo. VENE: Veneranda; CAMI: Camila; VITO: Vitória Verdinha.

As cultivares 'Diva' e 'Vitória Verdinha' apresentaram rendimento acima da média (Figura 3). Contudo ao contrário do Índice de Qualidade de Mudas (IQM), em nível de campo, o substrato 'Vida Verde' (0 e 40% de lodo) promoveu o maior número de ambientes favoráveis para o desenvolvimento de mudas da cultivar 'Diva' (adaptação específica), provavelmente devido à contribuição de nitrato super simples, nitrato de potássio e NPK (14-16-18), presente neste substrato. Da mesma forma, a cultivar 'Vitória Verdinha' mostrou adaptação específica para substrato 4 (Bioplant 434 +0% lodo).

De modo geral, o substrato Bioplant 434 com até 40% de lodo promoveu produtividade predita acima da média, ocorrendo o oposto para o substrato Bioplant 401 (Figura 3). Vida Verde apresentou desempenho intermediário frente às doses de lodo. O cultivar Camila apresentou desempenho inferior à média em todos os ambientes, provavelmente devido ao clima semiárido da região.

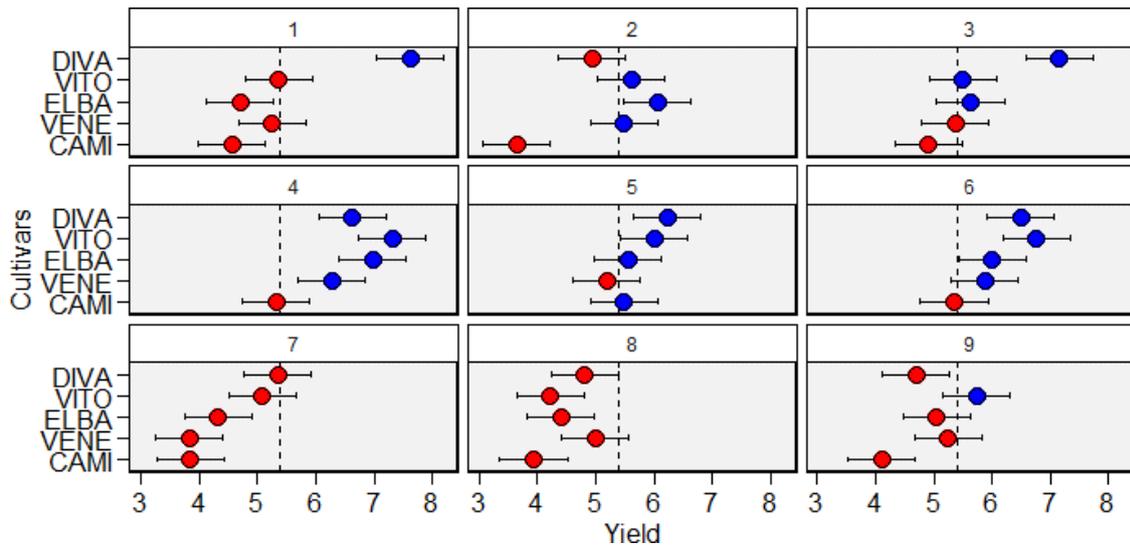


Figura 3 Produtividade comercial predita de cinco cultivares de alface em cada ambiente. Azul e vermelho indicam cultivares que tiveram BLUPs acima e abaixo da média, respectivamente. Barra de erro horizontal representa 95% do intervalo de confiança pelo teste t. Ambientes (proporção Substrato + Lodo): 1 (Vida Verde+0%), 2 (Vida Verde+20%), 3 (Vida Verde+40%), 4 (Bioplant 434+0%), 5 (Bioplant 434+20%), 6 (Bioplant 434+40%), 7 (Bioplant 401+0%), 8 (Bioplant 401+20%), 9 (Bioplant 401+50%). VENE: Veneranda; CAMI: Camila; VITO: Vitória Verdinha.

Na avaliação inicial, na fase de mudas, a adição de 40% do lodo de ETA reduziu os caracteres ligados ao Índice de Qualidade das Mudanças (IQM). No entanto, a nível de campo, observou-se que mudas retomaram o crescimento vegetativo, provavelmente devido ao efeito residual de nutrientes presentes nos substratos. O alto teor de matéria orgânica presente no lodo da ETA, associado à multa teor de partículas, pode ter aumentado a retenção de água na rizosfera, refletindo melhor desenvolvimento e produtividade, como observado por Nagase & Dunnett (2011).

CONCLUSÕES

1. Não há substrato comercial universal que possa ser usado para a produção de mudas de alface.
2. O substrato comercial Pindstrup® não é recomendada a inclusão de lodo na produção de mudas de alface dos cultivares avaliados;
3. Os substratos comerciais Vida Verde®, Bioplant 434® e Bioplant 401® permite a substituição de até 40% na produção de mudas de alface;
4. Os caracteres biométricos dos cultivares de alface são influenciados pelas doses de lodo. Considerando a produtividade, recomenda-se a inclusão de lodo em até 20% para qualquer substrato e cultivar. Porém, a adição de 40% de lodo é possível para o cultivar Camila quando produzida no substrato Vida Verde; Veneranda e Diva no substrato Bioplant 434; e Veneranda, Camila, Elba e Vitória Verdinha no substrato Bioplant 401.
5. A inclusão de lodo apresenta viabilidade técnica, com potencial redução de custos de produção.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa contou com a parceria entre a Agreste Saneamento S/A, a partir da doação do lodo; Secretaria de Desenvolvimento Rural de Arapiraca, com recursos humanos; a empresa Semear Agropecuária, que disponibilizou a estrutura física e recursos humanos para execução do experimento; ao produtor rural, Edmilson Nunes dos Santos, por disponibilizar a área, insumos e mão de obra para instalação do experimento. A todos, nosso muito obrigado.

REFERÊNCIAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004. **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71p.

ARAÚJO, E.F.; AGUIAR, A.S.; ARAUCO, A.M.S.; GONÇALVES, E.O.; ALMEIDA, K.N.S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, v. 5, n. 1, p. 16-23, 2017. <https://doi.org/10.5935/2318-7670.v05n01a03>.

COELHO, R.V.; TAHIRA, F.S.; FERNANDES, F.; FONTENELE, H.B.; TEIXEIRA, R.S. Uso de lodo de estação de tratamento de água na pavimentação rodoviária. **REEC -**

Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 10, n. 2, 2015.
<https://doi.org/10.5216/reec.v10i2.33134>.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.
<https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>.

FREITAS, G.A.; SILVA, R.R.; BARROS, H.B.; MELO, A.V.; ABRAÃO, W.A.P. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 159-166, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100020>.

KRAEMER, C.; ADAMI, F.S.; ROSOLEN, M.D.; SOUZA, C.F.V.; MARMITT, L.G.; OLIVEIRA, E.C. Nitrate, nitrite, calcium, potassium and sodium in organic, hydroponic and conventional vegetables. **Revista Uningá Review**, v. 35, p. eRUR2933, 2020.
<https://doi.org/10.46311/2178-2571.35.eRUR2933>.

LÚCIO, A.D., SANTOS, D., CARGNELUTTI FILHO, A., SCHABARUM, D.E. Método de Papadakis e tamanho de parcela em experimentos com a cultura da alface. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 1, 66-73, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160000100010>.

MOREIRA, V.T.G.; PAIVA, G.S.; SOARES, A.F.S. Lodo de estação de tratamento de água (LETA): resíduo ou insumo? **Revista PETRA**, v. 3, n. 1, p. 17-37, 2017.

MOTTA SOBRINHO, M.A.; TAVARES, R.G.; ARRUDA, V.C.M.; CORREA, M.M.; PEREIRA, L.J.R. Geração, tratamento e disposição final dos resíduos das estações de tratamento de água do estado de Pernambuco. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 761-771, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019175810>.

NAGASE, A.; DUNNETT, N. A relação entre percentual de matéria orgânica em substrato e crescimento de plantas em extensos telhados verdes. **Paisagismo e Planejamento Urbano**, v. 103, n. 376, p. 230-236, 2011.

OLIVOTO, T.; LÚCIO, A.D.C. metan: An R package for multi-environment trial analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 11, n. 6, p. 783-789, 2020.
<https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>.

PEREIRA, C.M.S.; ANTUNES, L.F.S.; AQUINO, A.M.; LEAL, M.A.A. Substrato à base de esterco de coelho na produção de mudas de alface. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v.8, n.1, p. 58-65, 2020. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i1.8018>.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing: R Foundation for Statistical Computing (4.1.1)**. 2021. Vienna, Austria: Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 Set. 2021.

SILVA, E.C.; QUEIROZ, R.L. Formação de mudas de alface em bandejas preenchidas com diferentes substratos. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 725-728, 2014.

SIQUEIRA, D.P.; BARROSO, D.G.; CARVALHO, G.C.M.W.; ERTHAL, R.M.; RODRIGUES, M.C.C.; MARCIANO, C.R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth, **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 728-739, 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509827297>.

ANEXOS



Anexo 1. Coleta de amostras de lodo na Estação de Tratamento de Água (Figuras A e B).



Anexo 2. Experimento em casa de vegetação.



Anexo 3. Experimento em nível de campo.