

## Substratos a base de compostos orgânicos destinados à produção de mudas de cana-de-açúcar via minitoletes

### *Substrates based on organic compounds for the production of sugarcane seedlings by small stalks*

Thaís Wacholz Kobler<sup>1</sup>, Luíze Silva Mascarenhas<sup>2</sup>, Lucas Silva Lemões<sup>3</sup>, Adílson Härter<sup>4</sup>,  
Vanessa Sacramento Cerqueira<sup>5</sup>, Sérgio Delmar dos Anjos e Silva<sup>6</sup>

**RESUMO:** O sistema de produção de mudas de cana-de-açúcar via minitoletes apresenta-se como uma interessante alternativa ao sistema de plantio convencional, o qual requer grande quantidade de material de propagação, porém o sistema alternativo demanda quantidades significativas de substrato para o desenvolvimento vegetativo inicial da cana. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi determinar o potencial de dois compostos orgânicos na elaboração de substratos para a produção, a partir de minitoletes, de mudas de cana-de-açúcar genótipo RB966928. Os resíduos utilizados para a produção dos compostos orgânicos foram: bagaço e palha de cana-de-açúcar, serragem, casca de acácia, cama de aviário e torta de tungue. Na formulação dos substratos adicionou-se diferentes proporções de cinza de casca de arroz e casca de arroz carbonizada aos compostos, resultando em oito substratos, nos quais foram avaliados os parâmetros físico-hídricos, pH e condutividade elétrica. Como controle utilizou-se um substrato comercial. Os ensaios de eficiência agrônoma foram conduzidos em casa de vegetação durante 70 dias e as variáveis agrônomicas avaliadas foram: porcentagem de brotação, número de folhas, diâmetro do colo, altura, massa fresca e seca da parte aérea e massa seca da raiz. Os substratos apresentaram pH, condutividade elétrica e características físico-hídricas satisfatórias, refletindo no desenvolvimento das mudas, em que os substratos a base de compostos orgânicos proporcionaram respostas agrônomicas iguais ou superiores ao substrato comercial. Os substratos formulados com as doses de 100% composto orgânico 1 e 75% composto orgânico 1 + 12,5% casca de arroz carbonizada + 12,5% cinza de casca de arroz apresentam maior potencial para produção de mudas de cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** Casca de arroz carbonizada. Cinza de casca de arroz. Compostagem. Insumos alternativos. Mudas pré-brotadas.

**ABSTRACT:** The production of sugarcane seedlings by small stalks is an interesting alternative to the conventional planting system which requires great quantities of propagation material. The alternative system, however, demands great amounts of substrate for the initial vegetal development of sugarcane. Current research aims at determining the potential of two organic compounds in the preparation of substrates for the production of sugarcane, genotype RB966928, by small stalks. Residues for the production of organic compounds comprised bagasse and sugarcane straw, shavings, acacia bark, chicken manure and tung cake. Substrates also comprised different proportions of rice bran and burnt rice husk, featuring eight substrates, by which the physical and hydric parameters, pH and electrical conductivity were evaluated. Control consisted of a commercial substrate. Assays on agronomic efficiency were conducted in a green house during 70 days and agronomical variables comprised percentage of buds, number of leaves, stalk diameter, height, fresh and dry mass of the aerial part and dry mass of roots. Substrates revealed satisfactory pH, electrical conductivity and physical and hydric characteristics shown in the development of seedlings where substrates based on organic compounds provided agronomical responses which were equal to or greater than those of commercial substrate. Substrates with doses of 100% organic compound; 1 and 75% organic compound; 1 + 12.5% carbonized rice husk + 12.5% rice bran had a greater capacity for the production of sugarcane seedlings.

**Keywords:** Alternative inputs. Carbonized rice bran. Fertilizer. Pre-bud seedlings. Rice husk.

<sup>1</sup> Mestre em agronomia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas (RS), Brasil.

<sup>2</sup> Mestre em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas (RS), Brasil.

<sup>3</sup> Mestre em agronomia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas (RS), Brasil.

<sup>4</sup> Doutor em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba (PR), Brasil.

<sup>5</sup> Doutora em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professora Adjunta no Centro de Engenharias e do Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas (RS), Brasil.

<sup>6</sup> Doutor Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. É pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Clima Temperado. Professor convidado do Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas (RS), Brasil

**Autor correspondente:**Thaís Wacholz Kohler: [thaiskobler@hotmail.com.br](mailto:thaiskobler@hotmail.com.br)

Recebido em: 09/09/2020

Aceito em: 22/03/2021

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma planta que possui grande importância econômica. Atualmente, o Brasil apresenta-se como o maior produtor mundial da cultura, responsável por mais de 25% da produção (OECD/FAO, 2018). Sua importância está ligada à diversidade de produtos derivados, tais como o açúcar, álcool, rapadura, melado, aguardente e alimentação animal (SILVA *et al.*, 2016; MATOSO *et al.*, 2020).

Como consequência do processamento industrial da cana, são produzidos coprodutos como a vinhaça (10 a 14 litros de vinhaça para cada litro de álcool produzido, dependendo das condições tecnológicas da destilaria); palha e bagaço (280 kg de bagaço por tonelada de colmo de cana colhida); torta de filtro (30 a 40 kg por tonelada de cana moída); entre outros resíduos como cinzas, águas de lavagem e melaço (ASSAD, 2017). Esses resíduos são potencialmente impactantes ao meio ambiente, caso não sejam tratados e utilizados. Nesse sentido, a compostagem apresenta-se como uma opção de tratamento eficiente e de baixo custo, proporcionando um destino adequado aos resíduos orgânicos.

Atualmente a compostagem é largamente utilizada para destinação e tratamento dos mais diversos tipos de resíduos e ao final do processo é gerado um produto de alto valor agregado, chamado de composto orgânico, que tem sido amplamente utilizado para adubação agrícola. Essa técnica possibilita a substituição ou a redução do uso de fertilizantes químicos solúveis na agricultura, podendo reduzir os custos de produção, sendo, portanto, interessante do ponto de vista econômico e ambiental (ZAPAROLI; BARROS, 2016).

O plantio convencional mecanizado da cana-de-açúcar é realizado através da propagação vegetativa de segmentos de colmos, contendo em média 3 gemas. Nesse sistema, as quantidades de colmos utilizados podem atingir valores superiores a 20 toneladas por hectare, ou seja, um gasto excessivo de colmos que poderiam ser destinados à indústria, além dessa prática aumentar o risco de difusão de pragas e doenças nas lavouras (LANDELL *et al.*, 2012).

Dessa forma, o Programa Cana do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) desenvolveu métodos para reduzir o volume de mudas necessárias para a multiplicação de novas tecnologias varietais, com o objetivo de incorporar ganhos produtivos, entre eles o sistema de mudas pré-brotadas (MPB). De acordo com Landell *et al.* (2012), esse sistema de multiplicação proporciona elevado padrão de fitossanidade, devido à seleção das gemas, eliminando as que apresentam danos e com presença de patógenos, o que garante a redução do volume de colmos e o melhor controle na qualidade de vigor, resultando canaviais de excelente padrão e, portanto, com maior homogeneidade e uniformidade de plantio. No entanto, esse sistema requer quantidade significativa de substrato na produção das mudas, o que acarreta um custo adicional ao produtor.

Os substratos comerciais para uso no sistema convencional, em geral, são desuniformes e, na maioria das vezes, são enriquecidos com adubos químicos. Por isso, é importante desenvolver pesquisas buscando utilizar materiais alternativos, que sejam ambientalmente corretos, de boa qualidade e de baixo custo, para produção de substratos nas propriedades agrícolas (SANTOS MESQUITA *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2019; CARMO ALVES *et al.*, 2020).

Entre esses materiais alternativos para formulação de substratos, encontram-se os compostos orgânicos, os quais apresentam boas propriedades químicas, físicas e biológicas adequadas para o desenvolvimento de mudas de diversas espécies (WATTHIER *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2018), com efeito nos processos microbianos, na aeração, estrutura, capacidade de retenção de água e fornecimento de nutrientes (RODRIGUES *et al.*, 2016).

O substrato é um dos fatores mais importantes na produção de mudas, pois é responsável pela retenção de água, fornecimento de nutrientes, desenvolvimento do sistema radicular e influencia diretamente na germinação e formação das mudas (MARQUES *et al.*, 2017; ALVES *et al.*, 2021). Na formulação de um substrato, dificilmente um único material apresentará todas as características adequadas à espécie em questão (RODRIGUES *et al.*, 2016), fazendo-se necessária a mistura de diferentes matérias-primas, o que pode se tornar um desafio, pois a qualidade final do produto está diretamente relacionada com as características e interações das matérias-primas que serão utilizadas (MONTEIRO *et al.*, 2019). Por isso, se faz necessária a caracterização dessas misturas, a fim de conhecer suas propriedades e definir seu uso e manejo (FERMINO; KÄMPF, 2012).

Baseado no exposto, o objetivo do trabalho foi determinar o potencial de dois compostos orgânicos, combinados com doses de casca de arroz carbonizada e cinza de casca de arroz, como matéria-prima na formulação de substratos caracterizando-os quanto às suas propriedades físicas, físico-químicas e químicas, bem como avaliar o desempenho agrônômico de mudas de cana-de-açúcar do tipo minitolete.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas dependências da Embrapa Clima Temperado, situada no 9º Distrito de Pelotas (RS) (31°40'47"S e 52°26'24"W), durante o período de agosto de 2018 a julho de 2019. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo "Cfa", temperado úmido com verões quentes. Possui temperatura e precipitação média anual de 17,8 °C e 1.366,9 mm, respectivamente (EMBRAPA, 2020).

Para a realização da compostagem foram utilizados os seguintes resíduos agrícolas em diferentes proporções com base em volume: Composto Orgânico 1 (CO-1): Palha e bagaço de cana-de-açúcar, cama de aviário e casca de acácia (1,5:1:1:0,5); Composto Orgânico 2 (CO-2): Palha e bagaço de cana-de-açúcar, serragem e torta de tungue (0,5:2:1:0,5).

A palha, bagaço de cana-de-açúcar e a casca de acácia foram trituradas em um triturador de resíduos orgânicos da marca Trapp. Utilizou-se cama de aviário de galinhas de postura. A serragem utilizada foi doada por uma serralheria local e a torta de tungue foi adquirida no comércio local.

O processo de compostagem foi realizado no período de agosto de 2018 a março de 2019, totalizando 210 dias. Durante o processo houve o monitoramento da temperatura, ajustes de umidade e revolvimento das leiras. Para o acompanhamento da temperatura foram alocados dois termômetros em diferentes pontos da leira, os quais foram feitas leituras semanais. O controle de umidade foi realizado semanalmente com adição de água, quando necessário, mantendo-se a umidade entre 40 e 60%. As leiras foram revolvidas a cada 30 dias para manutenção da aeração e aceleração do processo de compostagem.

Salienta-se; que a escolha dos resíduos utilizados no processo de compostagem baseou-se na abundância e disponibilidade desses produtos na região, o que facilita a aquisição para o produtor, por apresentarem baixo custo e facilidade de transporte.

Ao final do processo, os compostos orgânicos foram peneirados, mantendo granulometria máxima de 10 mm. Posteriormente foi feita a caracterização química dos mesmos, assim como do substrato comercial utilizado como testemunha, na Central Analítica da Embrapa Clima Temperado, de acordo com as metodologias descritas por Silva (2009) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização química de dois diferentes compostos orgânicos (CO) e substrato comercial (SC), Pelotas, 2020

Parâmetros	Unidade	CO-1	CO-2	SC
pH		6,81	5,56	5,77
CE	mS cm <sup>-1</sup>	2,00	0,50	1,30
Relação C/N		15,20	54,11	-
Nitrogênio	%	1,18	0,65	-
Fósforo	%	0,90	0,28	0,40
Potássio	%	0,71	0,55	0,18
Cálcio	%	2,48	0,39	1,99
Magnésio	%	0,72	0,18	0,20
Alumínio	mg.kg <sup>-1</sup>	5561,8	1131,5	4245,5
Cobre	mg.kg <sup>-1</sup>	<40	<40	<40
Ferro	mg.kg <sup>-1</sup>	4859,8	712,3	5019,7
Manganês	mg.kg <sup>-1</sup>	326,6	106,4	140,1
Zinco	mg.kg <sup>-1</sup>	225,0	75,9	59,0

Foram realizadas análises de patogenicidade para os compostos orgânicos, especificamente para coliformes termotolerantes, ovos de helmintos e *Salmonella* spp. (Tabela 2). Os resultados foram comparados com os limites permitidos pela Instrução Normativa SDA N° 27, de 05 de junho de 2006, e alterada pela Instrução Normativa N° 07/2016 (BRASIL, 2016), a qual estabelece os limites máximos para agentes patogênicos ao homem, animais e plantas em fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes e em substratos para plantas.

As concentrações dos agentes patogênicos situaram-se abaixo dos limites máximos permitidos pelas legislações supracitadas, portanto não constituem fator impeditivo para o uso agrícola e como matéria-prima à composição de substratos para plantas.

**Tabela 2.** Agentes patogênicos nos compostos orgânicos (CO) e limites máximos permitidos pelas legislações vigentes

Parâmetros	CO-1	CO-2	<sup>1</sup> Limites IN N° 27/2006
Coliformes termotolerantes ( <i>E. coli</i> ) (NMP <sup>2</sup> /g de MS <sup>3</sup> )	< 180,00	< 180,00	1.000,00
Ovos de Helmintos (n° em 4g ST <sup>4</sup> )	< 1,00	< 1,00	1,00
<i>Salmonella</i> sp.	Ausente	Ausente	Ausência em 10g de matéria seca

<sup>1</sup>MAPA IN SDA N° 27 de 2006 (Alterada pela IN SDA N° 7 de 2016) - Limites máximos de contaminantes admitidos em substratos para plantas; <sup>2</sup>NMP - Número mais provável; <sup>3</sup>MS - Matéria Seca; <sup>4</sup>ST - Sólidos Totais.

Para a formulação dos substratos, os dois compostos orgânicos (COs) foram combinados individualmente com casca de arroz carbonizada (CAC) e cinza de casca de arroz (CCA) em diferentes proporções (volume: volume), conforme apresentado na Tabela 3. Como testemunha utilizou-se um substrato comercial a base de turfa fibrosa e casca de arroz.

**Tabela 3.** Composição dos substratos propostos a base de dois compostos orgânicos (CO), casca de arroz carbonizada (CAC) e cinza de casca de arroz (CCA). Pelotas, 2019.

Substrato	CO-1	CO-2	CAC	CCA
	%			
S1	Substrato Comercial			
S2	25,0	--	37,5	37,5
S3	50,0	--	25,0	25,0
S4	75,0	--	12,5	12,5
S5	100,0	--	--	--
S6	--	25,0	37,5	37,5
S7	--	50,0	25,0	25,0
S8	--	75,0	12,5	12,5
S9	--	100,0	--	--

A caracterização físico-hídrica dos substratos foi realizada no Laboratório de Física do Solo da Embrapa Clima Temperado, sendo determinadas as seguintes variáveis: densidade seca (DS), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD) e água tamponante (AT). A densidade seca dos substratos foi determinada pelo método da autocompactação descrito em Brasil (2007). As respectivas variáveis EA, AFD, AT foram determinadas de acordo com Fermino (2014). Também foram avaliados o potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica (CE), de acordo com a Instrução Normativa Nº 17/2007, alterada pela Instrução Normativa Nº 31/2008 (BRASIL, 2008).

Os ensaios de eficiência agrônômica dos substratos a base de compostos orgânicos foram conduzidos em casa de vegetação com controle de temperatura (28 °C) e a irrigação foi realizada duas vezes ao dia, através de aspersão.

Para a produção das mudas de cana-de-açúcar utilizou-se o genótipo BR966928, seguindo a metodologia adaptada de Landell *et al.* (2012), empregando minitoletes separados do colmo com o auxílio de guilhotina com lâmina dupla. Após o corte dos toletes selecionou-se os que tinham gemas viáveis, os quais foram colocados nos tubetes à profundidade de três centímetros e levados para casa de vegetação onde foi conduzido o ensaio.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e nove tratamentos, sendo cada repetição composta por nove mudas.

A avaliação das mudas ocorreu aos 70 dias após o plantio (DAP), momento em que elas estariam aptas ao transplante. As variáveis agrônômicas avaliadas foram: percentagem de brotação (%Brot): após a implantação do experimento realizou-se diariamente a contagem dos toletes brotados, calculando-se ao final a percentagem de brotação total da parcela; altura da planta (Alt): com o auxílio de uma fita métrica,

mediu-se a planta desde a base até o ápice da última folha completamente desenvolvida; diâmetro do colo da planta (DC): com o auxílio de um paquímetro digital, mediu-se o diâmetro do colo da planta no nível do substrato; número de folhas (NF): contagem das folhas definitivas abertas; massa fresca da parte aérea (MFPA): separou-se a parte aérea das raízes e pesou-se em balança de precisão, fornecendo a massa fresca da parte aérea; massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR): após a determinação da MFPA, a parte aérea e as raízes foram colocadas em pacotes de papel identificados, e alocados em estufa com temperatura aproximada de 60 °C até obtenção de massa constante e posteriormente pesadas em balança de precisão, constituindo a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR).

Os resultados obtidos nesse experimento foram submetidos à análise de variância, e quando diferenças significativas foram observadas, as médias foram comparadas pelo teste Scott & Knott a 5% de probabilidade através do *software* GENES (CRUZ, 2016).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DOS SUBSTRATOS FORMULADOS A PARTIR DE DIFERENTES COS, CCA E CAC

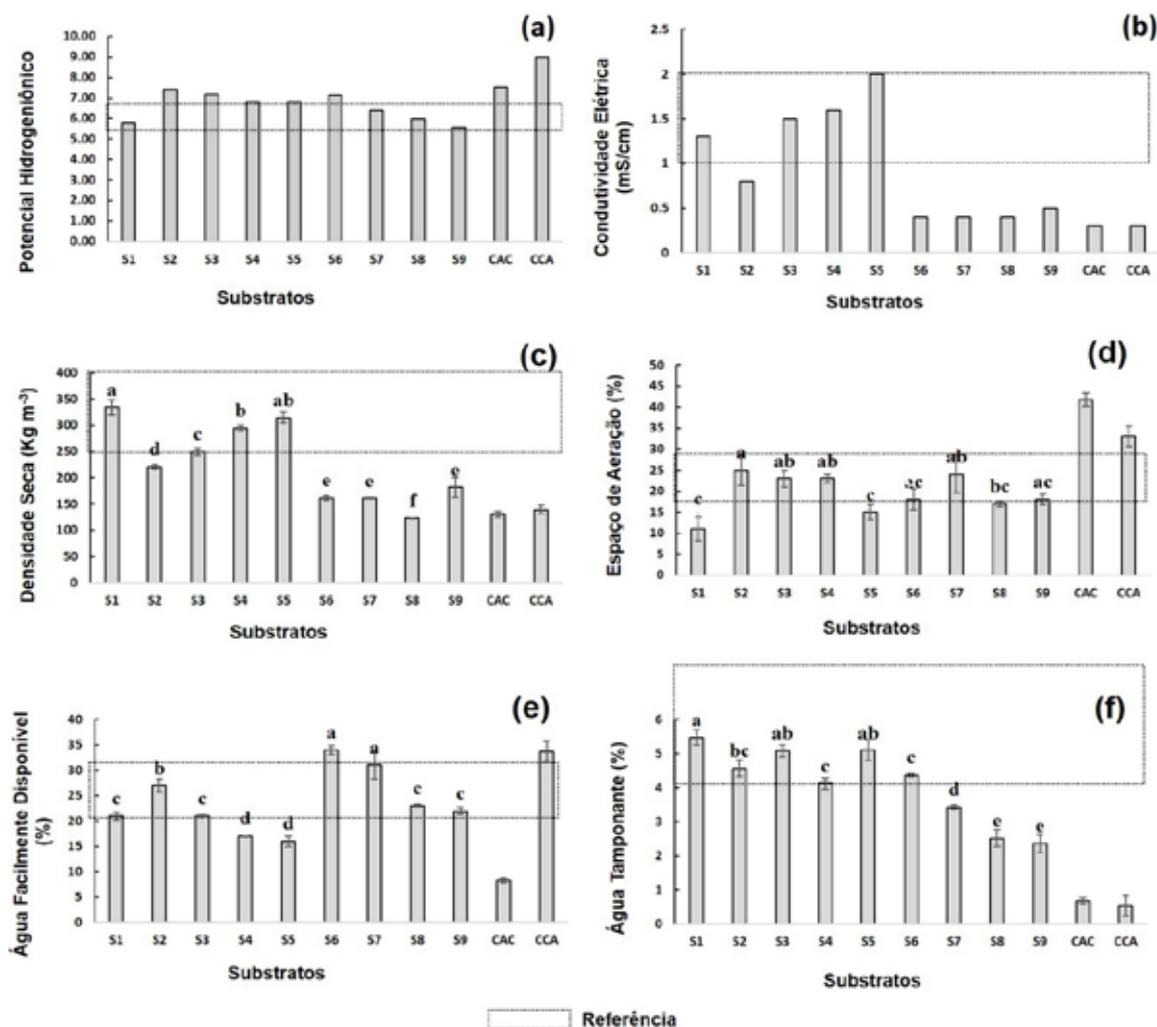
O monitoramento do pH e da condutividade elétrica (CE) são necessários para caracterizar o meio em que a cultura está se desenvolvendo. Enquanto o pH influencia na disponibilidade de nutrientes para a planta (TAIZ; ZEIGER, 2013), a CE pode ser utilizada como indicativo da concentração de sais ionizados na solução (SCHAFER *et al.*, 2015).

Os valores de pH foram influenciados pelas diferentes proporções de cinza de casca de arroz (CCA) e casca de arroz carbonizada (CAC) presentes nos substratos, as quais possuem os maiores valores de pH entre as matérias-primas utilizadas (Figura 1a). Observa-se que a adição dessas matérias-primas promoveu o aumento do pH do meio, visto que os COs puros (100%) possuem os menores valores de pH. Para Brito *et al.* (2017), a faixa de pH ideal para um substrato varia muito de acordo com a espécie a ser cultivada, porém pode-se considerar a faixa de 5,5 a 6,5 ideal para maioria das culturas, onde há a disponibilidade da maioria dos nutrientes.

Os substratos formulados com as maiores doses de CCA e CAC (S2, S3 e S6) apresentaram valores de pH acima do ideal (Figura 1a), fato este esperado devido aos mais altos valores de pH apresentados pelas duas matérias-primas (CCA: 9,0; CAC: 7,52).

Quanto a influência do CO utilizado, podemos observar que os substratos formulados a partir do CO-1 (S2 a S5) apresentaram, em média, valores mais elevados de pH quando comparado aos substratos utilizando CO-2 (S6 a S9). Apesar de apresentarem valores superiores aos ideais para que ocorra a disponibilidade da maioria dos nutrientes, não se observou sintomas de deficiência nutricional nas plantas cultivadas em tais substratos.

Os substratos formulados a partir do CO-1 (S2 a S5) apresentaram valores mais elevados de condutividade elétrica (0,80 a 2,00 mS.cm<sup>-1</sup>) quando comparados àqueles utilizando CO-2. Observou-se um aumento no valor de CE conforme o aumento da dose do composto na mistura (Figura 1b). Já os substratos formulados a partir do CO-2 (S6 a S9) apresentaram valores semelhantes aos encontrados na CCA e na CAC, e abaixo do valor considerado ideal por Kämpf (2000), que sugere que os substratos apresentem valores entre 1,0 a 2,0 mS.cm<sup>-1</sup> de CE.



**Figura 1.** Potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e caracterização físico-hídrica de substratos a base de COs, CAC e CCA.

\*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Referência: Brito *et al.* (2017); Kämpf (2000); De Boodt; Verdonck (1972). S1: Substrato comercial; S2: 25% CO-1 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; S3: 50% CO-1 + 25% CAC + 25% CCA; S4: 75% CO-1 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; S5: 100% CO-1; S6: 25% CO-2 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; S7: 50% CO-2 + 25% CAC + 25% CCA; S8: 75% CO-2 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; S9: 100% CO-2.

As matérias-primas utilizadas nas formulações dos substratos influenciaram significativamente nas características densidade seca (DS), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD) e água tamponante (AT).

Para densidade seca (DS) os maiores valores foram encontrados no substrato comercial (335,00 kg.m<sup>-3</sup>) e nos substratos S5 (315,00 kg.m<sup>-3</sup>) e S4 (294,00 kg.m<sup>-3</sup>), sendo esses compostos pelas duas maiores doses de CO-1 (75% e 100%, respectivamente). Segundo Kämpf (2005), valores adequados de densidade em base seca devem ser definidos conforme o tamanho do recipiente. Para a produção de mudas de cana-de-açúcar são utilizados tubetes (5 cm de diâmetro e 15 cm de altura), sendo a DS considerada ideal de 250 a 400 kg.m<sup>-3</sup> para vasos de até 15 cm de altura (KÄMPF, 2005). Dessa forma, apenas os substratos S3 (250 kg.m<sup>-3</sup>), S4 (294,41 kg.m<sup>-3</sup>) e S5 (314,51 kg.m<sup>-3</sup>) estão dentro desta faixa considerada ideal (Figura 1c).

O EA para os substratos a base de COs variou de 15% (S5) a 25% (S2), sendo considerados como adequados para o cultivo valores entre 20 e 30% (BOODT; VERDONCK, 1972) (Figura 1d).

Para AFD, Fermino (2014) e Boodt e Verdonck (1972) sugerem como faixa ideal uma retenção entre 20 e 30%, portanto, os substratos analisados apresentam valores satisfatórios ou próximos da faixa ideal.

A AFD é liberada sob baixas tensões, portanto não constitui um reservatório significativo de água para as plantas. Dessa forma, quando no substrato há grande percentual de AFD, faz-se necessário o prolongamento nas regas, não sendo viável para o viveirista do ponto de vista de manejo esse tipo de substrato (COSTA *et al.*, 2017). Na Figura 1e; observa-se que a adição de CCA influenciou a variável, visto que tal matéria-prima apresenta altos valores para AFD, ou seja, houve acréscimo nos valores para AFD conforme o aumento das doses CCA. De acordo com Boodt e Verdonck (1972), a água deve estar disponível às plantas sob baixas tensões, evitando assim estresse hídrico ou desvio da energia para absorção da água, que seria utilizada para o crescimento das plantas.

Para Boodt e Verdonck (1972), o valor ideal de AT deve estar em torno de 4 a 10%, o que proporciona suprimento hídrico adequado para as plantas, o qual foi encontrado nos substratos S1 a S6. Portanto, em caso de estresse hídrico é possível que esses substratos proporcionem suprimento hídrico às plantas neles estabelecidas (Figura 1f). Essa água, embora possa ser utilizada pelas plantas em caso de estresse, exige um grande gasto de energia (FERMINO, 2002).

Observa-se que, para os substratos formulados a partir do CO-2, conforme aumentou-se a proporção de CCA e CAC na formulação do substrato, maior foi a AT, variando de 2,37% no substrato com a menor proporção de CCA e CAC (S9) a 4,37% naquele com a maior proporção (S6).

### 3.2 DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR VARIEDADE RB966928

As mudas de cana-de-açúcar produzidas nos substratos contendo as diferentes proporções de COs, CCA e CAC e no substrato comercial apresentaram diferenças estatísticas significativas para as variáveis estudadas, exceto para percentual de brotação (Tabela 4).

**Tabela 4.** Porcentagem de brotação (BROT), altura da parte aérea (ALT), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), em mudas de cana-de-açúcar genótipo RB966928 aos 70 DAP em diferentes substratos a base de composto orgânico. Pelotas, 2019

	BROT (%)	ALT (cm)	DC (mm)	NF (Nº)	MFPA (g)	MSPA (g)	MSR (g)
S1	88,90 <sup>ns</sup>	38,61 d*	3,99 d	3,66 c	1,75 e	0,43 d	0,10 d
S2	88,90	47,80 c	4,81 c	4,30 b	2,71 d	0,60 c	0,17 c
S3	83,35	57,85 b	5,28 b	5,22 a	3,79 c	0,81 b	0,27 b
S4	94,45	69,98 a	6,30 a	5,53 a	6,17 a	1,32 a	0,34 a
S5	77,77	61,54 b	5,58 b	5,50 a	4,75 b	0,92 b	0,35 a
S6	86,12	32,48 e	4,00 d	3,33 c	1,53 e	0,37 d	0,07 d
S7	77,80	32,44 e	3,85 d	3,03 c	1,36 e	0,33 d	0,07 d
S8	83,35	35,30 d	4,14 d	3,30 c	1,77 e	0,43 d	0,09 d
S9	83,35	31,40 e	3,53 d	3,44 c	1,34 e	0,31 d	0,06 d
Média	75,44	45,26	4,61	4,14	2,80	0,61	0,17
CV (%)	17,26	6,36	8,54	7,88	14,89	14,89	19,15

\*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott & Knott a 5% de probabilidade de erro. S1: Substrato comercial; S2: 25% CO-1 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; S3: 50% CO-1 + 25% CAC + 25% CCA; S4: 75% CO-1 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; S5: 100% CO-1; S6: 25% CO-2 + 37,5% CAC + 37,5% CCA; S7: 50% CO-2 + 25% CAC + 25% CCA; S8: 75% CO-2 + 12,5 CAC + 12,5 CCA; S9: 100% CO-2.

Os valores obtidos para altura de planta mostram que os substratos formulados com CO-1 apresentaram desempenho significativamente superior em relação ao substrato comercial e aqueles formulados com CO-2. Os substratos utilizando 75 e 100% de CO-1 proporcionaram as maiores médias, alcançando 69,98 e 61,54 cm, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Matoso (2017), onde observou-se alturas de planta variando de 51,22 a 65,67 cm, para mudas de 30 dias de cana-de-açúcar cultivar RB966928, cultivadas em diferentes substratos a base de CAC e CO. Em estudo realizado por Marco *et al.* (2017) foi constatado que substratos contendo CAC e CO, quando comparados com o substrato comercial, promoveram maior crescimento na parte aérea de mudas de cana-de-açúcar, corroborando os resultados encontrados nos substratos formulados com o CO-1.

Em média, os substratos utilizando o CO-1 resultaram em mudas com maior DC, sendo o S4 aquele que apresentou melhor desempenho (6,30 mm). Esses resultados são inferiores aos encontrados por Santi *et al.* (2016) que encontraram valores de 7,78 mm para DC em mudas de cana-de-açúcar aos 70 DAP, ao avaliarem o desempenho de diferentes substratos para a produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. Destaca-se que o DC é uma importante variável na avaliação do potencial de sobrevivência e crescimento da muda pós-plantio. As plantas com maior diâmetro apresentam maiores porcentagens de sobrevivência, especialmente pela maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes (SANTOS *et al.*, 2017).

O S4 apresentou valores significativamente superiores aos demais substratos para o acúmulo de massa fresca na parte aérea (MFPA) e massa seca na parte aérea (MSPA). Gírio *et al.* (2015), ao avaliarem os efeitos da inoculação de bactérias promotoras de crescimento sobre a formação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, obtiveram mudas com médias de 1,21 g de MSPA, valor próximo ao encontrado no presente estudo, que não utilizou inoculantes. A produção de matéria seca tem sido considerada uma das melhores características para avaliar a qualidade de mudas e estudos demonstram que mudas com maior produção de biomassa seca apresentam melhor desempenho no campo após o plantio (GASPARIN *et al.*, 2014; ABREU *et al.*, 2015).

Observa-se que, para NF, os substratos formulados a partir do CO-1, com destaque aos S3, S4 e S5, apresentaram valores médios superiores aos obtidos no substrato comercial e a base de CO-2, os quais diferiram estatisticamente. Os valores encontrados no presente estudo para substratos a base de CO-1 foram próximos aos encontrados por Silva (2018), que constatou em mudas de 50 dias um número médio de 5,8 folhas para o referido genótipo, em substratos a base de lodo de estação de tratamento de esgoto. Segundo Taiz e Zeiger (2017), o NF nas mudas é um parâmetro importante e inteiramente ligado ao desenvolvimento da planta, pois as folhas são o principal órgão onde ocorre a fotossíntese.

Para MSR, os substratos S4 e S5 apresentaram as maiores médias, as quais possivelmente foram influenciadas pelas características químicas e físicas encontradas em tais substratos, o que proporcionou um bom desenvolvimento radicular. Resultados semelhantes foram encontrados por Gírio *et al.* (2015), no qual obtiveram peso médio de 0,31 g de MSR no substrato da marca Basaplantem.

Segundo Fageria e Moreira (2011), embora as raízes normalmente contribuam apenas com 10 a 20% do peso total da planta, possuir o sistema radicular bem desenvolvido é essencial para o crescimento e o desenvolvimento de plantas saudáveis, pois são órgãos importantes que absorvem água e nutrientes, sintetizam hormônios e dão suporte mecânico para as plantas.

Os resultados do presente estudo corroboram os encontrados por Lemões *et al.* (2017), que ao avaliarem o efeito de diferentes substratos no crescimento e desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar, genótipos RB867515 e RB966928, obtiveram mudas com excelente qualidade nos substratos formulados com elevadas doses de CO (produzido a partir de cama de aviário, restos culturais, pó de rocha, serragem e esterco bovino) e CAC.

De maneira geral, os melhores resultados relacionados às variáveis biométricas da parte aérea e do sistema radicular foram obtidos com os substratos formulados a partir do CO-1, especialmente nas duas maiores doses (75% e 100%). Esses valores podem estar relacionados a maior disponibilidade de nutrientes encontrados no CO utilizado (Tabela 1) e evidenciado na análise de CE (Figura 1b), combinados com as características físicas e suprimento hídrico adequado apresentado por esses substratos.

Para trabalhos futuros, sugere-se a avaliação de desempenho inicial das mudas após o transplante para lavoura.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A combinação dos compostos orgânicos com cinza da casca de arroz e casca de arroz carbonizada proporcionam aos substratos formulados características físico-hídricas e valores de pH favoráveis à produção de mudas de cana-de-açúcar.

Os substratos formulados a base do CO-2, embora tenham apresentado valores inferiores ao CO-1, obtiveram desempenho agrônômico similar ao substrato comercial, para produção das mudas de cana-de-açúcar, evidenciando seu potencial agrícola e capacidade de substituição do substrato comercial.

Os substratos contendo 75% CO-1 + 12,5% casca de arroz carbonizada + 12,5% cinza de casca de arroz (S4) e o substrato com 100% de CO-1 (S5) são os mais indicados na produção de mudas de cana-de-açúcar do genótipo RB966928.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Embrapa Clima Temperado pela estrutura e materiais disponíveis para o desenvolvimento do trabalho. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de estudo que possibilitaram aos alunos desenvolver a pesquisa. E, por fim, à Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

#### REFERÊNCIAS

ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; FERREIRA, D. H. A. A.; MONTEIRO, F. A. S. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. **Revista Floresta**, v. 45, n. 1, p. 141-150, 2015. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v45i1.28931>.

ALVES, T. N.; CARVALHO, B. L.; GUEDES, P. T. P.; NORDI, N. T.; AIRES, E. S.; OLIVEIRA, M. M. V.; RODRIGUES, J. D. Produção de mudas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) sob efeito de diferentes substratos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p., 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12867>.

ASSAD, L. Aproveitamento de resíduos do setor sucroalcooleiro desafia empresas e pesquisadores. **Ciência e Cultura**, v. 69, n. 4, p. 13-16, 2017.

BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulturae. **Acta Horticulturae**, v. 26, p. 37-44, 1972. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1972.26.5>.

BRASIL. **Instrução Normativa SDA N° 17**, de 21 de maio de 2007. Aprova os métodos analíticos oficiais para análise de substratos e condicionadores de solos, na forma do anexo à presente Instrução Normativa. 2007.

BRASIL. **Instrução Normativa SDA N° 07**, de 12 de abril de 2016. Altera os anexos IV (limites máximos de contaminantes admitidos em substrato para plantas) e V (limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo) da Instrução Normativa SDA N° 27, de 05 de junho de 2006. [https://www.lex.com.br/legis\\_27129277\\_INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_N\\_7\\_DE\\_12\\_DE\\_ABRIL\\_DE\\_2016.aspx](https://www.lex.com.br/legis_27129277_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_7_DE_12_DE_ABRIL_DE_2016.aspx) 01 Jul. 2020.

BRASIL. **Instrução normativa SDA N° 31**, de 23 de outubro de 2008. Altera os subitens 3.1.2, 4.1 e 4.1.2, do Anexo à Instrução Normativa SDA N° 17, de 21 de maio de 2007. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/laboratorios/credenciamento-e-laboratorios-credenciados/legislacao-metodos-credenciados/fertilizantes-substratos/INSTRUONORMATIVASDAN31DE23DEOUTUBRODE2008.pdf/view>

BRITO, L. P. S.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; AMARAL, G. C.; SILVA, A. A.; AVELINO, R. C. Reutilização de resíduos regionais como substratos na produção de mudas de cultivares de alface a partir de sementes com e sem peletização. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 116, n. 1, 2017.

CARMO, A. J. *et al.* Níveis de esterco bovino em substratos para produção de mudas de abóbora. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 2, p. 685-694, 2020.

COSTA, J. C. F.; MENDONÇA, R. M. N.; FERNANDES, L. F.; OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D. Caracterização física de substratos orgânicos para o enraizamento de estacas de goiabeira. **Revista Brasileira Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 16-23, 2017.

CRUZ, C. D. Genes Software - extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>.

EMBRAPA. Estação Agroclimatológica de Pelotas (Capão do Leão). Pelotas: Embrapa Clima Tempo, 2020. Disponível em: <http://agromet.cpact.embrapa.br>. Acesso em: 08 mar. 2021.

FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A. The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. In: Donald L. Sparks (ed.). **Advances in Agronomy**, v. 110, p. 251-331, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385531-2.00004-9>.

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, p. 29-37, 2002.

FERMINO, M. H. **Substratos**: composição, caracterização, e métodos de análise. Guaíba: Agrolivros, 2014. 112p.

FERMINO, M. H.; KÄMPF, A. N. Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 75-79, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000100013>.

GASPARIN, E.; AVILA, A. L.; ARAUJO, M. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509815731>.

GÍRIO, L. A. S.; DIAS, F. L. F.; REIS, V. M.; URQUIAGA, U.; SCHULTZ, N.; BOLONHEZI, D.; MUTTON, M. A. Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de canadeaçúcar proveniente de mudas pré-brotadas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 50, n. 1, p. 33-43, 2015.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2. ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. 254p.

KÄMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A. N.; FIRMINO, M. H. (Eds). **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, p. 139-145, 2000.

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundos de gemas individualizadas**. Documentos IAC, 109. Campinas: Instituto Agrônômico, 2012. 16p.

LEMÕES, L. S.; SIMON, E. D. T.; TATTO, F. R.; ANTUNES, W. R.; MASCARENHAS, L. S.; VARNES, L. S.; ANJOS, S. D. Crescimento e desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar em diferentes substratos. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 1079-1090, 2017.

MARCO, E.; DOS ANJOS, S. D.; PERES, M. M.; MATOSO, E. S.; TATTO, F. R.; BOELTER, J. H.; DE CAMPOS, A. D. S. Uso de substratos alternativos na produção de mudas de cana-de-açúcar. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 2677-2690, 2017.

MARQUES, L. O. D.; MELLO-FARIAS, P.; DE LIMA, A. Y. B.; MALGARIM, M. B.; SANTOS, R. F. Desempenho de diferentes substratos e influência do frio na germinação de sementes de araquá amarelo. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 1169-1180, 2017.

MATOSO, E. S. Uso de bactérias diazotróficas na produção de mudas de cana-de-açúcar em diferentes substratos. 2017, 115f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, 2017.

MATOSO, E. S.; AVANCINI, A. R.; MACIEL, K. F. K.; ALVES, M. C.; SIMON, E. D. T.; DA SILVA, M. T.; DIAS, N. L.; ANJOS, S. D. Influência do uso de um mix de bactérias diazotróficas na biometria e no conteúdo de clorofila de plantas de cana-de-açúcar. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 7261-7274, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-141>.

MONTEIRO, A. B.; BAMBERG, A. L.; PEREIRA, I. D. S.; STÖCKER, C. M.; TIMM, L. C. Características físico-hídricas de substratos formulados com lodo de esgoto na produção de mudas de acácia-negra. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1428-1435, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509834590>.

OECD/FAO. **Agricultural Outlook 2018-2027**. OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2018. DOI: [https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2018-en](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-en).

OLIVEIRA, M. C.; SANTOS, J. R.; DA COSTA, D. F.; DA COSTA, G. R.; DE JESUS LOURENÇO, E. Mudanças de tomateiro produzidas à base de pó de coco e esterco bovino curtido. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 3, 2019. <https://doi.org/10.21206/rbas.v9i3.8660>.

RODRIGUES, L. A.; MUNIZ, T. A.; SAMARÃO, S. S.; CYRINO, A. E. Qualidade de mudas de *Moringa oleifera* Lam. cultivadas em substratos com fibra de coco verde e compostos orgânicos. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p. 545-552, 2016. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663040016>.

SANTI, P. H. P.; SCAVAZZA, A. L.; BELLONI, A. L.; SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C.; SANTORIO, S. D.; ROCHA, K. S. S.; LAVORENTI, J. A. L.; SANTANA, C. A.; FERREIRA, J. A.; ZINA, A. C. S. Desenvolvimento de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar em diferentes substratos. *In: Workshop de Agroenergia Matérias-Primas*. 10., 2016. **Anais [...]**.

SANTOS MESQUITA, I. B.; ALBUQUERQUE, D. P.; SILVA, A. L.; OLIVEIRA, L. S.; ARAÚJO NETO, J. P.; REGO, F. C.; TEIXEIRA, D. H. L. Produção de mudas de alface (*lactuca sativa* L.) com diferentes substratos em ambiente fechado. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 4, p. 1257-1263, 2019.

SANTOS, C. M. M.; DIAS, J. R. M.; MORETTI, S. D. A.; DE ALENCAR, A. B. M.; MIRA, S. F.; VASCONCELOS, T. B. Crescimento inicial de mudas clonais de Eucalipto (*Eucalyptus pellita*) em solos com diferentes propriedades físicas e químicas. *In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - SIC*. 7., 2017. **Anais [...]**. Rondônia, 2017.

SCHAFER, G.; SOUZA, P. D.; FIOR, C. S. Um panorama das propriedades físicas e químicas de substratos utilizados em horticultura no sul do Brasil. **Ornamental Horticulture**, v. 21, n. 3, p. 299-306, 2015.

SILVA, A. D. C. D.; SMIDERLE, O. J.; OLIVEIRA, J. M. F.; JESUS SILVA, T. Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açaí. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 4, p. 151-156, 2018. <https://doi.org/10.34062/afs.v4i4.4590>.

SILVA, F. C. S. (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, M. T. **Substratos a base de lodo de esgoto para produção de mudas de cana-de-açúcar**. 2018. 100f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pelotas, 2018.

SILVA, S. D. A.; MONTERO, C. R. S.; SANTOS, R. C.; NAVA, D. E.; GOMES, C. B.; ALMEIDA, I. R. **Sistema de produção da cana-de-açúcar para o Rio Grande do Sul**. Sistemas de Produção/Embrapa Clima Temperado. 2016. 247p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. São Paulo: Artmed, 2017.

ZAPAROLI, M. R.; BARROS, R. D. V. Viabilidade do uso de resíduos orgânicos na agricultura como composto para melhoria de sua gestão mediante agregação de valor. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL*, 7. **Anais [...]**. Campina Grande: ConGeA, 2015.

WATTHIER, M.; SILVA, M. A. S.; SCHWENGBER, J. E.; FERMINO, M. H.; CUSTÓDIO, T. V. Produção de mudas de alface em substratos a base de composto de tungue em sistema orgânico de produção, no período de verão. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 2, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/hb.v35i2.532>.