

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Rafael Barros Postinguel

Graduando em Engenharia Agrônoma

**PRIMEIROS ESTUDOS DE REUTILIZAÇÃO DE COMPOSTO
EXAURIDO DE COGUMELO (*Agaricus bisporus*) PARA A
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE EUCALIPTO (*Eucalyptus
urograndis*)**

Dracena

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Rafael Barros Postinguel

Graduando em Engenharia Agrônômica

**PRIMEIROS ESTUDOS DE REUTILIZAÇÃO DE COMPOSTO
EXAURIDO DE COGUMELO (*Agaricus bisporus*) PARA A
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE EUCALIPTO (*Eucalyptus
urograndis*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada
à Faculdade de Ciências Agrárias e
Tecnológicas – Unesp, Câmpus de Dracena
como parte das exigências para a graduação
em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Diego Cunha Zied

Co-orientador: Msc. Lucas da Silva Alves

Dracena

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "PRIMEIROS ESTUDOS DE REUTILIZAÇÃO DE COMPOSTO EXAURIDO DE COGUMELO (*Agaricus bisporus*) PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE EUCALIPTO (*Eucalyptus urograndis*)".

Modalidade: Trabalho de atividade de pesquisa

Autor: Rafael Barros Postinguel

Orientador (a): Prof. Dr. Diego Cunha Zied


Co-orientador: Msc. Lucas da Silva Alves

Número de Créditos: 12


Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 07/06/23



Prof. Dr. Diego Cunha
Zied



Profa. Dra Pâmela Gomes
Nakada Freitas



Prof. Dr. Fernando
Shintate Galindo

Ao meu querido avô materno, Sr. Osvaldo, cuja partida deixou um vazio em nossos corações, cuja memória ainda nos inspira a ser como ele foi em vida. À minha mãe, Cristina Valéria, que me agraciou com os princípios de seu pai, passando suas riquezas imateriais, as quais capacitam-me a enfrentar os desafios da jornada, mantendo-me fiel ao caminho que Deus desenhou.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelas lições que me permite passar, sem desamparo.

À minha família pelo amor e incentivo aos estudos.

Ao Prof. Dr. Celso Tadao Miasaki, pela primeira orientação e incentivo para os demais projetos que realizei.

Ao Prof. Dr. Diego Cunha Zied, pela orientação, oportunidade e direcionamento profissional.

Ao Msc. Lucas da Silva Alves, pela co-orientação, amizade e inspiração na pesquisa.

À Beatriz Bruno Ré, por sua amizade e companheirismo durante o desenvolvimento dos projetos de pesquisa.

À Munick Beato Aragão e ao Alexandre Ribeiro, pela amizade sincera que tive a honra de cultivar e que pretendo levar para sempre em meu coração.

À Vitória Costa Mingoranci, por todo o apoio valioso que me ofereceu tanto dentro quanto fora da faculdade e por todos os momentos de risos compartilhados.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de pesquisa, processo: 2021/02698-1, cujo resultado gerou o presente trabalho.

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim”. **Chico Xavier**

RESUMO

O eucalipto é uma importante cultura florestal no Brasil, com a necessidade de adoção de manejos sustentáveis. O composto exaurido de cogumelo (CEC) é obtido após a colheita de cogumelos comestíveis e sua deposição em locais indevidos gera elevados impactos ambientais. Entretanto, quando gerido corretamente, o CEC possui efeitos benéficos ao sistema solo-planta. Assim, o objetivo do trabalho foi utilizar o CEC de *Agaricus bisporus* como substrato na produção de mudas de eucalipto *Eucalyptus urograndis*. O experimento foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, realizada em um viveiro, avaliou-se a emergência das plântulas e seus parâmetros morfológicos. As mudas foram cultivadas utilizando diferentes proporções de CEC (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) combinadas com o substrato comercial Carolina Soil®, com ou sem fertilizantes. Na segunda etapa, as mudas foram transplantadas para vasos e submetidas a diferentes lâminas de irrigação (25%, 50%, 75% e 100% da capacidade de vaso). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os resultados obtidos de cada parâmetro, foram comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade) através do programa estatístico SISVAR. As proporções mais elevadas de CEC (>25%) apresentaram atraso na emergência das plântulas, sendo ainda mais atenuado com adição de fertilizantes. A combinação de 0% de CEC com adubo resultou no tempo médio de emergência (TME) mais favorável, com 13,5 dias. A porcentagem de emergência de 86% foi obtida com o controle (0% de CEC com adubo), sendo a mais alta alcançada em todos os tratamentos. O substrato com de 100% CEC com adubo resultou em maior altura de plantas aos 60 dias após a semeadura, atingindo 24,95 cm, enquanto que o controle (0% CEC) registrou 20,85 cm, por sua vez, este valor foi ainda menor que a dose 100% CEC sem adubação, que apresentou 21,00 cm de H. Para o diâmetro de coleto, 100% de CEC com adubo apresentou 2,10 mm, sendo maior que o controle (1,67 mm), que teve o mesmo valor que 100% de CEC sem adubo. As cinco proporções de CEC, como substrato das mudas em vasos, exerce efeitos positivos no desenvolvimento inicial do eucalipto, mitigando o estresse hídrico sob lâminas d'água de até 50% da CV, havendo um ganho em altura de mais de 10 cm, quando utilizado a proporção máxima do resíduo.

Palavras-chave: lâminas de irrigação, substratos alternativos, fungicultura, silvicultura e viveiricultura.

ABSTRACT

Eucalyptus is an important forest crop in Brazil, requiring the adoption of sustainable management practices. Spent mushroom substrate (SMS) is obtained after harvesting edible mushrooms, and its improper disposal leads to significant environmental impacts. However, when properly managed, SMS has beneficial effects on the soil-plant system. Thus, the objective of this study was to use *Agaricus bisporus* SMS as a substrate for *Eucalyptus urograndis* seedling production. The experiment was divided into two stages. In the first stage, conducted in a nursery, seedling emergence and morphological parameters were evaluated. The seedlings were cultivated using different proportions of SMS (0%, 25%, 50%, 75%, and 100%) combined with the commercial substrate Carolina Soil[®], with or without fertilizers. In the second stage, the seedlings were transplanted into pots and subjected to different water content (25%, 50%, 75%, and 100% of pot capacity). The experimental design was completely randomized, and the obtained results for each parameter were compared using Tukey's test (5% probability) through the statistical program SISVAR. Higher proportions of SMS (>25%) resulted in delayed seedling emergence, which was further attenuated with the addition of fertilizers. Combination of 0% SMS with fertilizer resulted in the most favorable emergence speed index (ESI) at 13.5 days. The highest emergence percentage of 86% was achieved with the control treatment (0% SMS with fertilizer), surpassing all other treatments. The substrate with 100% SMS with fertilizer resulted in taller plants at 60 days after sowing, reaching 24.95 cm, while the control treatment (0% SMS) recorded 20.85 cm. However, this value was still lower than the 100% SMS without fertilizer, which had a height of 21.00 cm. For stem diameter, 100% SMS with fertilizer showed 2.10 mm, which was higher than the control treatment (1.67 mm) and the same as 100% SMS without fertilizer. The five proportions of SMS as seedling substrates in pots had positive effects on the initial development of eucalyptus, mitigating water stress under irrigation depths of up to 50% of pot capacity, resulting in a height gain of over 10 cm when using the maximum proportion of the residue.

Keywords: water content, alternative substrates, mushroom cultivation, silviculture, and nursery management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área de árvores plantadas (Eucalipto, Pinus e outras espécies florestais) no Brasil, em 2020, segundo o relatório do IBA (2021).	18
Figura 2 - Os dez maiores países produtores de cogumelos comestíveis do mundo.	21
Figura 3 - Classificação segundo Harol <i>et al.</i> (1988) do <i>Agaricus bisporus</i> .	22
Figura 4 - Processo de produção de <i>Agaricus bisporus</i> : elaboração de substrato, cultivo, colheita e geração de composto exaurido.	24
Figura 5 - Linha do tempo do experimento.	25
Figura 6 - Peneiramento do CEC de <i>Agaricus bisporus</i> .	25
Figura 7 - Preparo tubetes: (A) Semeadura; B) Irrigação com o véu de proteção; C) Adubos utilizados; D) Bandejas com os tubetes.	26
Figura 8 - Desenvolvimento das plantas de eucalipto após semeadura: A) Raleio das plantas; B) Irrigação manual; C) Plantas após raleio.	29
Figura 9 - Diferentes lâminas de irrigação com base na % da CV.	31
Figura 10 - Cálculos para as lâminas d'água: A) Seleção de uma UE para o teste da CV; B) Despejo de 1 L de água na UE com solo.	32
Figura 11 - Desenvolvimento inicial das mudas de eucalipto em vaso sob diferentes lâminas de irrigação.	32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Tratamentos conduzidos sob diferentes proporções de composto exaurido de cogumelo (CEC) e Carolina Soil® (CS), sob presença ou não de adubação mineral, na produção de mudas de eucalipto. _____ 27
- Tabela 2** - TME (dias) de plântulas de eucalipto em diferentes substratos compostos por CEC e CS, com ou sem adubação. _____ 35
- Tabela 3** - Médias da altura da parte aérea (H) e do diâmetro do coleto (DC) de cada tratamento. _____ 38
- Tabela 4** - Médias do comprimento de raiz (CR), número de folhas (NF), peso da matéria fresca da parte aérea (MFPA), peso da matéria fresca de raiz (MFR), peso da matéria seca da parte aérea (MSPA) e peso da matéria seca de raiz (MSR). _____
40
- Tabela 5** - Médias da altura (H) e diâmetro do coleto (DC) das plantas de *E. urograndis* produzidas em diferentes proporções de CEC de *A. bisporus* sob diferentes lâminas de irrigação. _____ 43
- Tabela 6** - Médias do número de ramos (NR), comprimento de raiz (CR), massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (PMSR), sob diferentes lâminas d'água às plantas de *E. urograndis*. _____ 45

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** - Porcentagem de emergência (E%) dos tratamentos experimentais._36
- Gráfico 2** - Índice de Qualidade de Dickson (IQD) para cada tratamento experimental._____42
- Gráfico 3** - Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (UR%) da estufa agrícola durante o período de irrigação das plantas de *E. urograndis*._____43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Análise do solo utilizado.	30
Quadro 2 - Análise química do Composto Exaurido de Cogumelo (<i>Agaricus bisporus</i>) e do substrato comercial Carolina Soil®.	34

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CE	Condutividade Elétrica
CEC	Composto Exaurido de Cogumelo
CR	Comprimento de Raiz
CS	Carolina Soil
CV	Capacidade de Vaso
DAS	Dias Após a Semeadura
DC	Diâmetro de Coleto
E%	Porcentagem de Emergência
H	Altura da Parte Aérea
IQD	Índice de Qualidade de Dickson
MO	Matéria Orgânica
NF	Número de Folhas
NR	Número de Ramos
MFPA	Massa Fresca da Parte Aérea
MFR	Massa Fresca da Raiz
MSPA	Massa Seca da Parte Aérea
MSR	Massa Seca da Raiz
TME	Tempo Médio de Emergência
UE	Unidade Experimental

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo Geral.....	16
2.2. Objetivos Específicos.....	16
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1. O eucalipto no Brasil.....	17
3.1.1. Eucalyptus urograndis.....	18
3.1.2. A dinâmica hídrica do eucalipto.....	19
3.1.3. Produção de mudas de eucalipto na Nova Alta Paulista.....	20
3.3. Cogumelos comestíveis.....	21
3.3.1. Agaricus bisporus.....	22
3.3.2. Composto exaurido de cogumelos.....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1. Composto exaurido de cogumelo (CEC).....	26
4.1.2. Preparo dos tubetes: lavagem e desinfestação.....	27
4.1.3. Confecção dos substratos e semeadura.....	27
4.1.4. Análises: emergência e biometria.....	29
4.5. Mudas em vasos.....	31
4.5.1. Preparo das unidades experimentais.....	31
4.5.2. Determinação das lâminas de irrigação.....	32
4.5.3. Transplântio e condução experimental.....	33
4.6. Parâmetros analisados, estatística e softwares utilizados.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1. Análise química dos substratos.....	35
5.2. Análises de emergência.....	36
5.3. Avaliações das mudas.....	40
5.4. Avaliações das mudas em vasos.....	45
6. CONCLUSÕES.....	51
7. REFERÊNCIAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

O eucalipto foi introduzido no Brasil no século XIX (EMBRAPA, 2022) e se adaptou muito bem às condições edafoclimáticas, caracterizando-se como cultura fundamental para o setor silvícola na geração de emprego e renda. O ciclo das árvores de eucalipto dura em média 7 anos. Dentre todas as etapas deste período, destaca-se a de viveiro. De acordo com Magalhães *et al.* (2017) a produtividade da área está diretamente relacionada à qualidade das mudas.

Os insumos utilizados na fase de viveiro, como substratos e adubos, são primordiais para a formação de mudas saudáveis e vigorosas. Porém, esses produtos podem encarecer o ciclo produtivo devido a fatores externos. Como exemplo cita-se conflitos civis, como a Guerra no Leste Europeu, que tornou os fertilizantes sintéticos onerosos (OSAKI, 2022). Nesse caso, o reaproveitamento de resíduos agrícolas torna-se uma opção sustentável, pois fornece nutrientes para as plantas e um substrato com características físicas desejadas, sob um baixo custo de aquisição.

A fungicultura é setor agrícola responsável pela produção de cogumelos comestíveis, alimentos funcionais e saudáveis. Com forte expressão nacional, o Estado de São Paulo é considerado a maior região produtora do país (SEGS, 2019). Ao final dos fluxos de colheita dos cogumelos é gerado um resíduo, conhecido como composto exaurido de cogumelo (CEC) ou, em Inglês, *Spent Mushroom Substrate*.

É recomendado o gerenciamento imediato do CEC, pois o acúmulo deste resíduo promove o surgimento de pragas e doenças que acometem a fungicultura (JASINSKA, 2018). Estima-se que 1 kg de cogumelo produzido gera cerca de 5 kg de CEC (Grimm *et al.*, 2021). Como opção para o descarte do CEC, a queima ou a disposição indevida no solo são realizadas, ocasionando um elevado impacto ambiental (HANAFI *et al.*, 2018). Pesquisadores e instituições buscam, ao redor do mundo, soluções para o descarte correto de CEC.

Visando a economia circular, Zied *et al.* (2020) reaproveitaram o resíduo na formulação de novos substratos para a produção de cogumelos *Agaricus*. Hanafi *et al.* (2018) utilizaram o CEC como fertilizantes, adjuvantes na ração animal, produção de energia e também no tratamento de água residual. Alves *et al.* (2022) demonstraram que a aplicação de CEC poderia substituir a fertilização sintética do milho sem reduzir a produtividade em solos tropicais.

Além disso, o CEC possui características que podem auxiliar na atenuação do estresse hídrico em plantas. Udom *et al.* (2022) observaram ganhos significativos nas propriedades estruturais e hidráulicas do solo, com aplicação do CEC como condicionador. As aplicações de CEC em conjunto com outras fontes orgânicas promoveram o crescimento, melhoraram a eficiência de uso da água e reduziram o estresse oxidativo em plantas sob restrição hídrica (ROY *et al.*, 2022). Contudo, não existem relatos na literatura sobre a reutilização de CEC como substrato e seus efeitos sob diferentes regimes hídricos na cultura do eucalipto.

Dessa forma, hipotetiza-se que a reutilização do CEC incrementaria agronomicamente a qualidade de mudas de eucalipto e reduziria a necessidade de água para o eucalipto no transplante para o campo, temática abordada neste trabalho.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o uso de diferentes proporções de composto exaurido de cogumelo Paris (*Agaricus bisporus*) como substrato de mudas de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), com ou sem fertilizantes, sob diferentes níveis de irrigação.

2.2. Objetivos Específicos

- Verificar o efeito da substituição do substrato comercial por CEC nos parâmetros agronômicos do eucalipto.
- Comparar as características químicas do CEC com substrato comercial;
- Relacionar o aumento das proporções com ou sem adubação mineral, com o vigor das sementes e das mudas;
- Correlacionar distintas lâminas d'água sob diferentes proporções de CEC na produção de eucalipto em vasos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

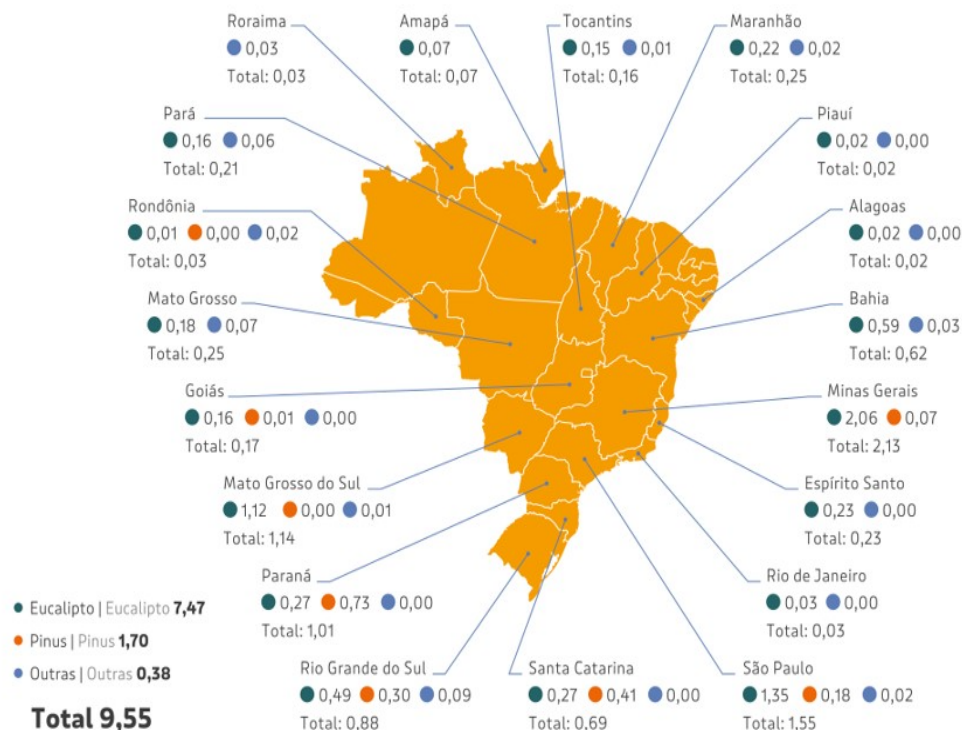
3.1. O eucalipto no Brasil

O gênero *Eucalyptus* é originário da Austrália e pertence à família Myrtaceae, com mais de 730 espécies. Não há evidências concretas de quando exatamente houve a introdução do eucalipto no Brasil, porém segundo a Embrapa (2019), há relatos de que seja por volta de 1868.

O Anuário Brasileiro da Silvicultura (2016) estimou que em 2015 o Brasil possuía um total de 7,7 milhões de hectares de eucalipto, pinus e outras espécies florestais. Três anos após, em 2019, a Indústria Brasileira de Árvores (2020) informou que o Brasil possuía cerca de 9,0 milhões de hectares de árvores plantadas (2,4% a mais em relação ao ano de 2018), sendo 6,97 milhões de hectares somente de eucalipto. Em 2020, o IBA relatou o aumento dessas áreas, conforme mostra a figura 1.

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (2020), o setor brasileiro de árvores plantadas no ano de 2019 representou 1,2% do PIB brasileiro, com um aumento na receita bruta de 12,6%, em relação ao ano de 2018, o que contribuiu com um saldo positivo da balança comercial, na ordem de US\$ 10,3 bilhões. Além disso, foram gerados cerca de 1,3 milhão de postos de trabalho, garantindo emprego e renda à população.

Figura 1 - Área de árvores plantadas (Eucalipto, Pinus e outras espécies florestais) no Brasil, em 2020, segundo o relatório do IBA (2021).



Fonte: Adaptado de FGV IBRE e OJC

3.1.1. *Eucalyptus urograndis*

A exploração comercial de *Eucalyptus* spp. destina-se a diversos segmentos de produção devido às suas diferentes aptidões. Destaca-se entre os setores para a produção de celulose (utilização de subprodutos), ou o plantio no sistema integrado Lavoura Pecuária Floresta–ILPF (utilização direta).

A correta escolha da espécie de eucalipto pode ser fator primordial para o êxito produtivo daquilo que se espera. Logo, o planejamento deve ser realizado antes mesmo da formação da muda.

O *Eucalyptus urograndis* é uma das espécies híbridas proveniente do cruzamento entre *E. grandis* x *E. urophylla*. O híbrido foi desenvolvido no Brasil e teve suas primeiras plantações no ano de 1979, o que perdura até hoje devido sua

excelente adaptação em território nacional (EMBRAPA, 2023), sendo então caracterizado como uma ótima espécie para os cultivos comerciais.

Segundo a Embrapa (2023), o híbrido de *E. urograndis* é um dos mais plantados no Brasil devido às suas diversas características produtivas, que podem chegar à uma produção de 50 m³/ha/ano de madeira, além de ser ideal para áreas tropicais. Faria *et al.* (2014) relatam que o cruzamento deste híbrido foi realizado para a junção da boa altura pertencente ao *E. grandis* e o diâmetro de coleto do *E. urophylla*. Segundo esses autores, há mais de 600.000 ha cultivados do híbrido.

3.1.2. A dinâmica hídrica do eucalipto

O cultivo crescente de eucalipto no Brasil, impulsionado por benefícios econômicos, tem estimulado preocupações quanto à sua pegada ecológica. Mosca (2008) discute seus potenciais impactos ambientais, enquanto Alves (2009) analisa o uso e disponibilidade de água. O cultivo do eucalipto também tem provocado discussões sobre seu efeito no clima, na precipitação e na vazão dos cursos d'água, conforme levantado por Barreto (2019).

Barreto (2019) relatou um maior consumo de água pelas árvores florestais, quando comparadas com outras culturas agrícolas, o que pode acarretar prejuízos nas bacias hidrográficas. Tendo em vista uma comparação silvícola, Almeida (2003), em um estudo comparativo de consumo de água entre o eucalipto e a Mata Atlântica, notou que a espécie de eucalipto, em um ciclo médio de 7 anos, chegou a consumir menos água que a própria mata nativa.

Portanto deve-se compreender melhor a relação de crescimento da planta e o consumo hídrico (BERNARDINO *et al.*, 2019). Para isso, aplicar novas tecnologias na fase de produção de mudas é essencial, pois a quantidade de água absorvida está relacionada à dinâmica hídrica do sistema, a qual o uso de substrato adequado, favorece a disponibilidade de água às plantas, tanto em situação pré-plantio quanto pós-plantio à campo (THOMAS, 2008).

3.1.3. Produção de mudas de eucalipto na Nova Alta Paulista

A região da Nova Alta Paulista é composta pelo predomínio dos solos Argissolos e Latossolos (FABRI *et al.*, 2006), em que a maioria deles permanece sem nenhuma prática agrícola, sendo quimicamente pobres e degradados (NAKAYAMA *et al.*, 2017).

Dentro dessas duas classes de solos, os de textura arenosa requerem uma maior atenção e emprego de novas tecnologias devido às suas características físicas desfavoráveis. A estratégia por trás da aplicação de resíduos orgânicos em solos, principalmente, degradados e de textura arenosa, parte do princípio de elevar o teor de matéria orgânica (LEONG *et al.*, 2022).

Os plantios de eucalipto, em sua grande maioria, são realizados em solos de baixa fertilidade e de textura arenosa, como em áreas de pastagens degradadas (GONÇALVES *et al.*, 2013). Portanto, visando o reflorestamento de árvores plantadas em solos marginais, como da região da Nova Alta Paulista, busca-se a produção de mudas que apresentem alto vigor, para garantia de sobrevivência e pleno desenvolvimento ao longo de todo o ciclo.

Os insumos utilizados na fase de viveiro podem contribuir para a formação de boas mudas. Para isso, existem diversos tipos de substratos e fertilizantes para serem utilizados na produção, porém sempre haverá alternativas distintas que fornecerão resultados positivos, com baixo custo e com a utilização de resíduos agrícolas.

A reutilização de substratos alternativos é viável a partir da garantia da boa condição de desenvolvimento às mudas. Segundo Gasparini e colaboradores (2014), o êxito da sobrevivência das mudas após o transplântio dependerá do vigor. Magalhães *et al.* (2017) relatam que a produtividade da área está diretamente relacionada à qualidade das produzidas em viveiro.

Precedentemente ao transplântio, a definição das melhores plantas pode ser feita através da avaliação de sua morfologia, como o comprimento de raiz (FIGUEIREDO *et al.*, 2019), a altura da parte aérea, o diâmetro do coleto, o número de folhas e também o índice de qualidade de Dickson (IQD).

3.3. Cogumelos comestíveis

Os cogumelos comestíveis pertencem ao reino Fungi, portanto são organismos eucariontes e heterotróficos. Os fungos são utilizados nas indústrias alimentícia e farmacêutica; em tratamentos de efluentes e na agroindústria, como na produção de enzimas; no ambiente natural são capazes de manter o equilíbrio, degradando restos vegetais e até mesmo substâncias tóxicas (ABREU *et al.*, 2014).

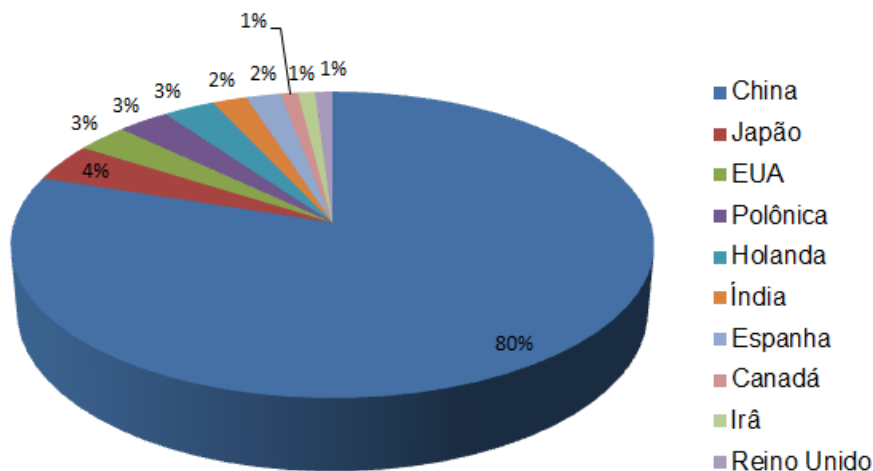
Outra área de utilização dos fungos para comercialização e consumo é denominada de fungicultura. Este setor é responsável por produzir cogumelos comestíveis, tendo como produto comercial os basidiocarpos, também chamados de basidiomas. Dentre as principais espécies cultivadas encontra-se o cogumelo *Agaricus bisporus* (AZEVEDO, 2018).

O mercado da fungicultura varia de acordo com cada região e sua cultura. Segundo Urben *et al.* (2016), os asiáticos possuem conhecimento deste alimento há milhares de anos, por isso, em países como a China, o cultivo e consumo são maiores nos dias atuais. A figura 2 mostra o panorama mundial da produção de cogumelos comestíveis.

A *Food and Agriculture Organization* - FAO (2020) estima que entre os anos de 1995 e 2019 a produção chinesa de cogumelos liderou o mercado mundial, chegando a mais de 5 milhões de toneladas produzidas.

O Brasil é considerado o maior produtor da América do Sul (SÁNCHEZ *et al.*, 2018). Apesar do consumo e produção aumentar de forma gradual nos últimos anos, os números ainda são considerados baixos. Segundo a ANPC (2019), a população brasileira consome $0,16 \text{ kg}^{-1} \text{ pessoa}^{-1} \text{ ano}$, enquanto que nos países asiáticos, de $6,0$ a $8,0 \text{ kg}^{-1} \text{ pessoa}^{-1} \text{ ano}$.

Figura 2 - Os dez maiores países produtores de cogumelos comestíveis do mundo



Fonte: Adaptado de Martins (2022) a partir dos dados da FAO (2021)

3.3.1. *Agaricus bisporus*

A espécie de cogumelo *Agaricus bisporus* (Figura 3) também é popularmente conhecida como “Cogumelo de Botão”, “*Champignon*” e “Cogumelo Paris”. De acordo com Azevedo (2018), essa espécie corresponde a uma das principais comercializadas dentro do ramo de produção. Alguns autores destacam os benefícios nutricionais e medicinais do gênero *Agaricus* (EL SEBAALY *et al.*, 2019; SHBEEB *et al.*, 2019; USMAN *et al.*, 2021).

O valor nutricional pode variar de acordo com a composição dos substratos utilizados (EL SEBAALY *et al.*, 2019), mas de maneira geral são ricos em proteínas, todavia os teores são relativamente menores do que as de fonte animal (SHBEEB *et al.*, 2019).

Muszynska (2017) destaca propriedades medicinais presentes no *A. bisporus* para o tratamento de doenças humanas, tais como: antioxidantes, anticancerígenas, anti-inflamatórias e entre outras diversas, que são capazes de melhorar o sistema imunológico e garantir proteção contra doenças.

Figura 3 - Classificação segundo Harol *et al.* (1988) do *Agaricus bisporus*.

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Classe: Homobasidiomycetes

Ordem: Agaricales

Família: Agaricaceae

Espécie: *Agaricus bisporus*



Fonte: Adaptado de Abarca (2007)

3.3.2. Composto exaurido de cogumelos

Após a produção comercial de cogumelos, tem-se como resíduo o composto exaurido de cogumelo (CEC). Grimm *et al.* (2021) menciona que, a depender da espécie cultivada, 1 kg de cogumelo produzido geraria 5 kg de CEC. Tendo em vista este grande volume, o resíduo deve receber aplicabilidade, podendo ser reutilizado no meio agrônômico.

A composição do CEC varia em função dos diferentes substratos utilizados, bem como das espécies de cogumelos (ATALLAH *et al.*, 2021). Segundo Li *et al.* (2020), de maneira geral, os substratos são ricos em celulose, lignina, vitaminas e substâncias bioativas. O substrato de *Agaricus bisporus* possui como exigência camada de cobertura composta por turfa; parte deste material orgânico permanece no CEC após o cultivo dos cogumelos e, por isso, pode ser reutilizado.

A aplicação de resíduos orgânicos em solos agrícolas aumenta o teor de matéria orgânica, promovendo maior disponibilidade de nutrientes (AMOAHA-ANTWI *et al.*, 2020) e absorção de água. Sendo assim, o substrato de *Agaricus bisporus* pode ser considerado, pelas suas características, um condicionador de solo ou substrato para mudas.

A matéria orgânica presente no CEC pode atuar, de maneira indireta, na fitossanidade das plantas, pelo potencial melhora da microbiota do solo, com a

capacidade de reduzir/diversificar a quantidade de doenças, promovendo, por fim, uma indução de resistência das plantas na rizosfera (LOPES *et al.*, 2015).

A aplicação de CEC também resulta em ganhos a nível de fertilidade do solo, principalmente na reconstrução química de ambientes antigos de produção, que foram exauridos ao longo do tempo. O estudo de Carpio *et al.* (2023) destaca o incremento de macronutrientes primários, como N, P e K, e sua disponibilização para solos de vinhedos.

Prasad *et al.* (2021) utilizaram diferentes CEC de *Agaricus bisporus*, *Lentinus edodes* e *Pleurotus ostreatus* no cultivo de morango cv. Honeoye e tiveram ganhos significativos. Segundo os autores, o substrato de *A. bisporus*, em substituição da turfa em 15 e 25 % (v/v), mostrou ser melhor que o tratamento controle a base de turfa.

Sendi *et al.* (2013) destacam o resíduo como sendo rico em nutrientes e substâncias húmicas, o que pode ser fator primordial para o incremento de produtividade. Collela *et al.* (2019) utilizaram CEC de *A. bisporus* como substrato de mudas do híbrido de tomate Paronset[®]. O estudo mostrou incremento de 20% na produtividade de frutos, comparados com o substrato comercial.

A literatura reporta inúmeras formas de reutilização do CEC e o seu emprego na agricultura, principalmente como substrato para mudas hortícolas. Contudo, nota-se escassez de informação sobre o uso de CEC na silvicultura. Maia (1998) sugeriu a utilização de CEC como substrato para mudas florestais. Em estudo recente, Martins (2022) relatou sobre a necessidade de desenvolver estudos com o CEC como substrato para o setor silvícola.

Figura 4 - Processo de produção de *Agaricus bisporus*: elaboração de substrato, cultivo, colheita e geração de composto exaurido



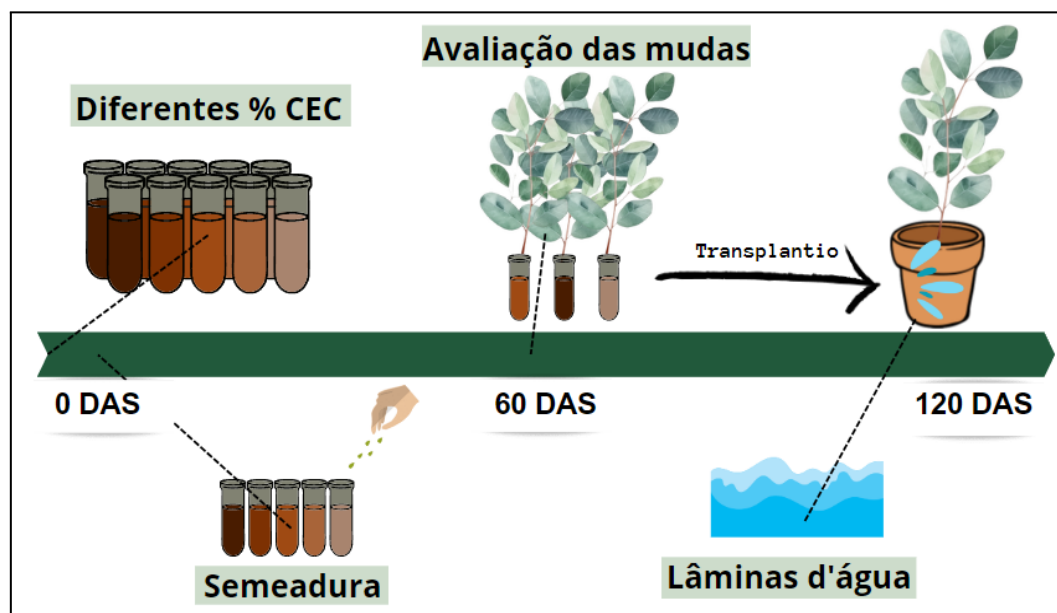
Fonte: Própria do autor

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), no Câmpus de Dracena - SP, em estufa agrícola, com a duração total de 120 dias, no período entre 06/01/2022 até 07/04/2022.

O estudo foi conduzido em duas etapas: a primeira se caracterizou na produção de mudas em viveiro. Foi avaliado o desenvolvimento inicial das plântulas de eucalipto produzidas por sementes e também os parâmetros morfológicos das mudas ao final da fase, em substratos com diferentes proporções de CEC em combinação com o substrato comercial Carolina Soil®, com presença ou ausência de fertilizantes; a segunda etapa refere-se ao transplantio das mudas em vasos de 18 L, em estufa agrícola, com aplicação de diferentes lâminas d'água. A figura 5 ilustra a linha do tempo experimental.

Figura 5 - Linha do tempo do experimento



Fonte: Própria do autor

4.1. Composto exaurido de cogumelo (CEC)

O composto exaurido de cogumelo (*Agaricus bisporus*) foi obtido a partir de uma pesquisa conduzida no Centro de Estudos em Cogumelos (CECOG), da FCAT/UNESP (Campus de Dracena), utilizando principalmente palha de trigo, esterco de galinha, gesso e calcário como matérias-primas.

Depois de descartado das câmara de cultivo, o CEC foi secado naturalmente no sol, revirado diariamente até atingir 15% de umidade. Em seguida foi feito o peneiramento do material para a formulação dos substratos (Figura 6).

Figura 6 - Peneiramento do CEC de *Agaricus bisporus*.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.2. Preparo dos tubetes: lavagem e desinfestação

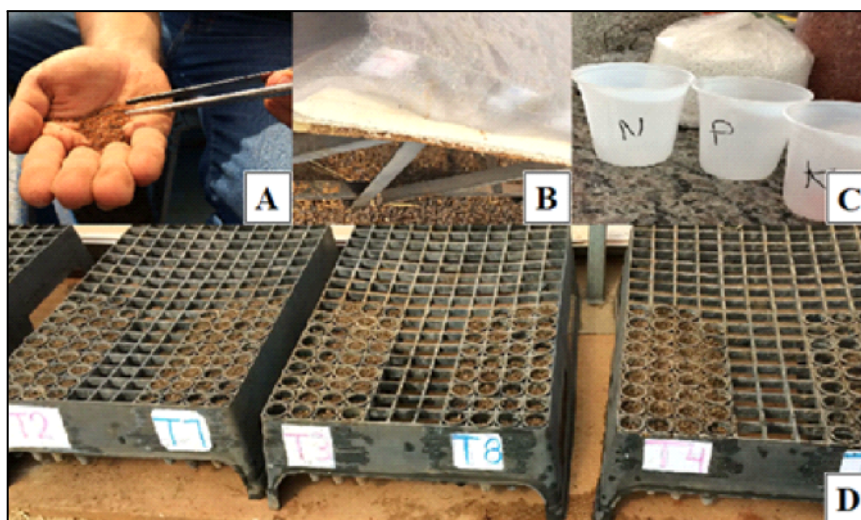
Foram utilizados 350 tubetes de polipropileno de 50 cm³ para a condução do experimento. Para limpeza, foi preparado uma solução de hipoclorito de sódio à 0,6 %, e deixou-se todos os tubetes imersos em uma caixa d'água de 1.000 litros por 24 horas, e posteriormente enxaguados (EMBRAPA, 2021).

4.1.3. Confeção dos substratos e semeadura

Os substratos foram preparados com base nas combinações de diferentes proporções do composto (100, 75, 50, 25 e 0% de CEC) misturados com o substrato comercial Carolina Soil® (CS), completando a porcentagem total (100%).

Para fins comparativos, os substratos (CEC e CS) foram amostrados e enviados ao laboratório para análise química dos macro e micronutrientes. Os tubetes foram enchidos conforme os tratamentos, sendo adicionado 4 sementes em cada um dos 350 tubetes, com a utilização de uma pinça. As bandejas foram cobertas com um véu para diminuir o impacto das gotas da irrigação, que foi realizada de forma manual até a emergência das sementes.

Figura 7 – Preparo tubetes: (A) Semeadura; B) Irrigação com o véu de proteção; C) Adubos utilizados; D) Bandejas com os tubetes.



Fonte: Elaborado pelo autor

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, constituído por 10 tratamentos, cada um com 35 repetições ($n=350$), representada por um fatorial duplo, sendo este: 5 substratos x 2 adubação mineral (presente e ausente), conforme mostra a tabela 1. Os tratamentos com adubação mineral seguiram as recomendações do boletim técnico 100 (IAC), sendo para a adubação de base 150 g de N, 300 g de P_2O_5 , 100 g de K_2O e 150 g de micronutrientes para cada $1 m^3$ de substrato. A adubação de cobertura foi realizada a cada 15 dias, com o produto Aminon - fertilizante organomineral foliar - na diluição de 50 mL de produto para 2 L de água.

Tabela 1 – Tratamentos conduzidos sob diferentes proporções de composto exaurido de cogumelo (CEC) e Carolina Soil® (CS), sob presença ou não de adubação mineral, na produção de mudas de eucalipto.

TRATAMENTOS	SUBSTRATOS (%)		ADUBAÇÃO	
	CEC	CS	Presença	Ausência
T1	100	0	x	
T2	75	25	x	
T3	50	50	x	
T4	25	75	x	
T5	0	100	x	
T6	100	0		x
T7	75	25		x
T8	50	50		x
T9	25	75		x
T10	0	100		x

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.4. Análises: emergência e biometria

Após a semeadura, foi analisada por 26 dias a emergência das plantas. Ao final deste período foi calculado o Tempo Médio de Emergência (TME) a partir da seguinte equação:

$$TME = \Sigma (N_i T_i) / \Sigma$$

Em que,

TME= Tempo média de emergência (Dias);

N_i - Número de plântulas emergidas no intervalo entre cada contagem;

T_i - Tempo decorrido entre o início da emergência e a contagem (24 h).

Também foi avaliado a Porcentagem de Emergência (E%), a partir da equação:

$$E = (N/A) * 100$$

Em que,

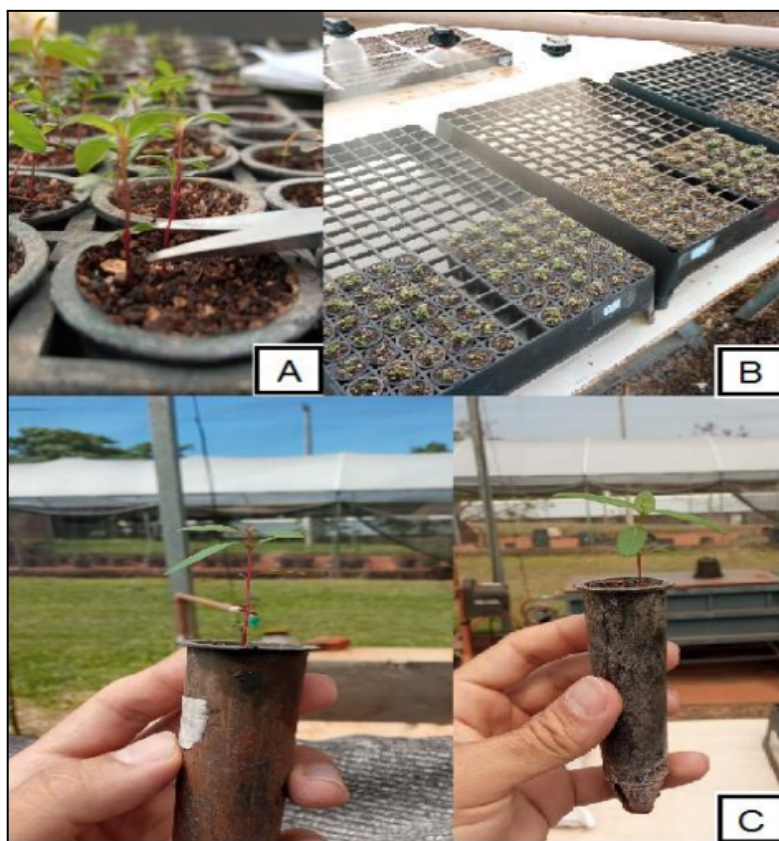
$E\%$ = Emergência de plantas, em %

N - número total de plântulas emergidas;

A - número total de sementes colocadas para emergir.

Aos 26 DAS foi realizado o raleio, deixando a planta mais vigorosa e central no tubete (Figura 8).

Figura 8 - Desenvolvimento das plantas de eucalipto após semeadura: A) Raleio das plantas; B) Irrigação manual; C) Plantas após raleio.



Fonte: Elaborado pelo autor

As mudas foram conduzidas em estufa agrícola até atingirem 60 DAS. Ao final deste período, foram selecionadas 10 mudas ao acaso de cada tratamento para análise destrutiva e mais 12 outras para o transplântio e condução experimental da segunda etapa.

4.5. Mudas em vasos

4.5.1. Preparo das unidades experimentais

As 12 mudas foram selecionadas aleatoriamente de cada um dos tratamentos que receberam adubação na fase I (T1, T2, T3, T4 e T5), com proporções de CEC de 100%, 75%, 50%, 25% e 0%, respectivamente (n=60). As mudas foram transferidas para unidades experimentais constituídas de vasos plásticos de 18 litros previamente preenchidos com solo e corrigidos com calcário e adubação recomendados por Gonçalves *et al.* (1997) - Boletim 100 (IAC), de acordo com a necessidade determinada pela análise de solo (Quadro 1).

Quadro 1 - Análise do solo utilizado.

ANÁLISE QUÍMICA										
P-resina	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	S-SO4	
Fósforo	Mat. Org.	pH	Potásio	Cálcio	Magnésio	Ac. Potencial	Alumínio	Soma Bases	Enxofre	
mg/dm ³	g/dm ³	CaCl ₂	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mg/dm ³	
1	7	4.1	0.9	2	6	20	8	6.9	3	
CTC	V	Ca/CTC	Mg/CTC	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Cap. Troca Cat.	Sat. Base	Ca na CTC	Mg na CTC	Sat. Alumínio	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco	
mmolc/dm ³	%	%	%	%	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	
28.9	31	7	21	47	0.10	0.2	2	1.7	0.3	
ANÁLISE DA TEXTURA										
CONTROLE	AMOSTRA	IDENTIFICAÇÃO	PROFUNDIDADE (cm)				ARGILA (g/kg)	SILTE (g/kg)	AREIA (g/kg)	
523	1	Amostra 01	-				153	51	796	

Fonte: Elaborado pelo autor

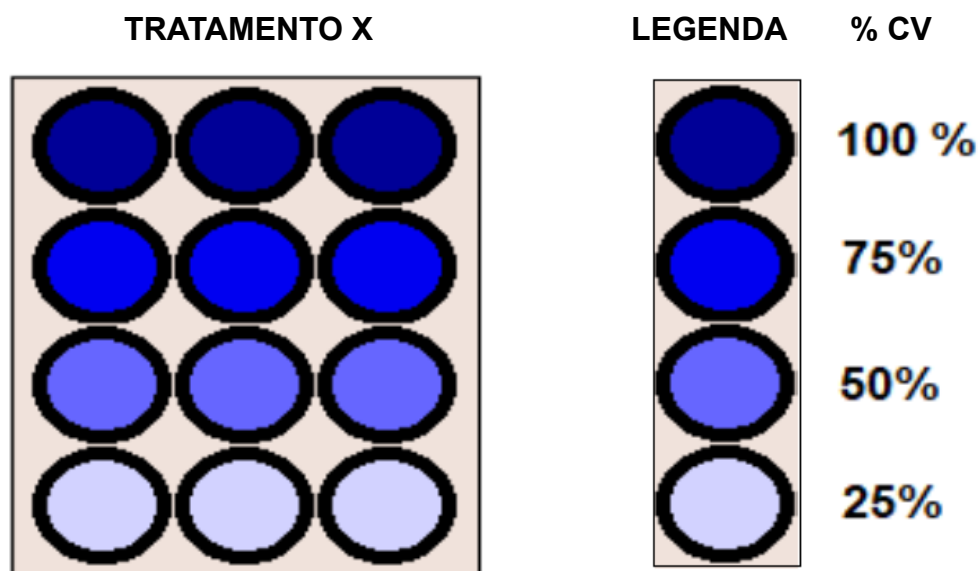
De acordo com Santos *et al.* (2008) no Sistema Brasileiro de Classificação do Solos, o solo experimental utilizado foi classificado como argissolo vermelho distrófico de textura média. Para se elevar a saturação de base (V%) a 60%, foi aplicado calcário 30 dias antecedentes ao transplântio das mudas, seguindo as recomendações do Boletim 100.

Após 30 dias de incubação, foi realizada a adubação mineral. Cada unidade experimental recebeu: 1,5 g de N ; 5 g de P₂O₅; 0,6 g de K₂O a partir das formas de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

4.5.2. Determinação das lâminas de irrigação

Foram definidas 4 diferentes lâminas de irrigação (adaptado de Peiter *et al.*, 2007) com base na porcentagem da capacidade de vaso (CV), sendo: 25%, 50%, 75% e 100% da CV. Sendo assim, cada tratamento continha 12 repetições, sendo que cada 3 recebeu uma lâmina de irrigação, conforme ilustra a figura 9.

Figura 9 - Diferentes lâminas de irrigação com base na % da CV.



Fonte: Elaborado pelo autor

A capacidade de vaso (CV) foi calculada pela homogeneização do solo em todos os vasos e posterior seleção aleatória de 3 unidades para realização do teste

da CV. Utilizando um medidor, adicionou-se água aos poros dos vasos em intervalos de 1 litro até o completo preenchimento. Foi registrada a quantidade total de água suportada pelos vasos selecionados e a média foi calculada, resultando em aproximadamente 3 litros (CV = 100%), como demonstrado na figura 10.

Figura 10 - Cálculos para as lâminas d'água: A) Seleção de uma UE para o teste da CV; B) Despejo de 1 L de água na UE com solo.



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a realização dos testes da CV, foi calculado então as 4 diferentes lâminas d'água, com base em diferentes porcentagens, consistindo em 3; 2,25; 1,5 e 0,75 L para 100, 75, 50 e 25% da capacidade do vaso, respectivamente. O turno de rega com base nos cálculos foi de 48 horas.

4.5.3. Transplântio e condução experimental

As mudas foram transplântadas após 5 dias da adubaçã, sendo 35 dias após a aplicaçã do calcáριο. Os tratamentos casualizados e identificados sãõ demonstrados na Figura 11.

Figura 11 - Desenvolvimento inicial das mudas de eucalipto em vaso sob diferentes lâminas de irrigação.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.6. Parâmetros analisados, estatística e softwares utilizados

Após 60 DAS avaliou-se: altura da parte aérea (H), diâmetro de coleto (DC), comprimento de raiz (CR), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR). A partir dos dados obtidos, foi calculado o índice de qualidade de Dickson (DICKSON *et al.*, 1960), pela fórmula:

$$\text{IQD} = \frac{\text{PMST (g)}}{\text{H (cm) / DC (mm) + MSPA (g) / PMSR (g)}}$$

Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA pelo teste de Tukey no software Sisvar (FERREIRA, 2011).

As plantas de *E. urograndis* em vasos, foram avaliadas aos 60 dias após o transplante, sendo 120 DAS. Foi realizada análise da altura da parte aérea (H),

diâmetro do coleto (DC), comprimento de raiz (CR), número de ramos (NR), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA). Os resultados obtidos das análises foram submetidos à análise estatística por ANOVA e teste de Tukey à 5% no software Sisvar.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise química dos substratos

O quadro 2 apresenta a análise química do substrato comercial Carolina Soil® (CS) e do Composto Exaurido de Cogumelo (CEC) de *Agaricus bisporus*.

Quadro 2 – Análise química do Composto Exaurido de Cogumelo (*Agaricus bisporus*) e do substrato comercial Carolina Soil®.

SUBSTRATO	Macronutriente (g kg ⁻¹)						Micronutriente (mg kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
CEC	30,4	6,8	20,6	51,8	6,9	18,9	34	14	110	27	64
CS	10,4	1,6	7,2	9,8	8,6	6,1	33	151	2998	224	190
Diferença	20	5,2	13,4	42	-1,7	12,8	1	-137	-2888	-197	-126

Fonte: Elaborado pelo autor

Os teores de Ca (51,8 g kg⁻¹), N (30,4 g kg⁻¹), K (20,6 g kg⁻¹), S (18,9 g kg⁻¹) e P (6,8 g kg⁻¹) estão em maiores quantidades no CEC, quando comparados com o substrato comercial, sendo de fundamental importância esses teores, visto que, com a mineralização, ocorrerá a liberação dos nutrientes da forma orgânica para a mineral.

O Mg é o único dos macronutrientes que se apresenta em menor quantidade no resíduo, com valor de $6,9 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto que no substrato comercial, $8,6 \text{ g kg}^{-1}$ (diferença de $-1,7 \text{ g kg}^{-1}$).

Analisando os teores de micronutrientes, a quantidade de B é semelhante em ambos substratos (33 mg kg^{-1} para CEC e 34 mg kg^{-1} para CS). Os demais micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) apresentaram os maiores teores no substrato comercial, com destaque para Fe (diferença maior que 2800 mg kg^{-1}).

No estudo realizado por Martins (2022), os resultados revelaram que o CEC do *Lentinula edodes* apresentou concentrações significativamente mais elevadas de Mg (610 mg L^{-1}), em contraste com o substrato CS, que registrou apenas $47,00 \text{ mg L}^{-1}$. Além disso, o CEC também demonstrou valores superiores para os micronutrientes Cu, Mn e Zn.

5.2. Análises de emergência

A avaliação do Tempo Médio de Emergência é essencial em pesquisas que envolvem a produção de mudas, uma vez que permite identificar e adequar possíveis problemas com uso de substratos inadequados, bem como auxiliar no planejamento do viveiro (JEROMINE *et al.*, 2021).

Foi observado que os tratamentos com proporções mais elevadas de CEC (>25%) apresentaram atraso na emergência das plântulas. Este efeito foi ainda mais negativo com a adição de fertilizantes, potencializando o atraso da emergência das plântulas (Tabela 2).

Tabela 2 - TME (dias) de plântulas de eucalipto em diferentes substratos compostos por CEC e CS, com ou sem adubação.

Adubação	Proporções de CEC					Média
	0%	25%	50%	75%	100%	
TME (Dias)						
Com	14,87 bAB*	13,46 aA	17,90 bB	17,79 aB	18,12 aAB	16,05 b
Sem	11,87 aA	13,50 aBA	15,56 aBC	15,66 aBC	16,66 aC	14,93 a
Média	13,48 A	13,49 A	16,70 B	16,76 B	17,72 B	
CV*	29,13					

*Letras maiúsculas se diferem na linha e minúsculas se diferem na coluna segundo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade.

*CV = coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor

A literatura reporta que o CEC pode apresentar alta condutividade elétrica (CE), devido à sua concentração salina. O alto valor de pH e salinidade do composto é atribuído à formulação inicial do resíduo usado na produção do cogumelo, contendo calcário, gesso e fertilizantes minerais (COLLELA *et al.* 2019).

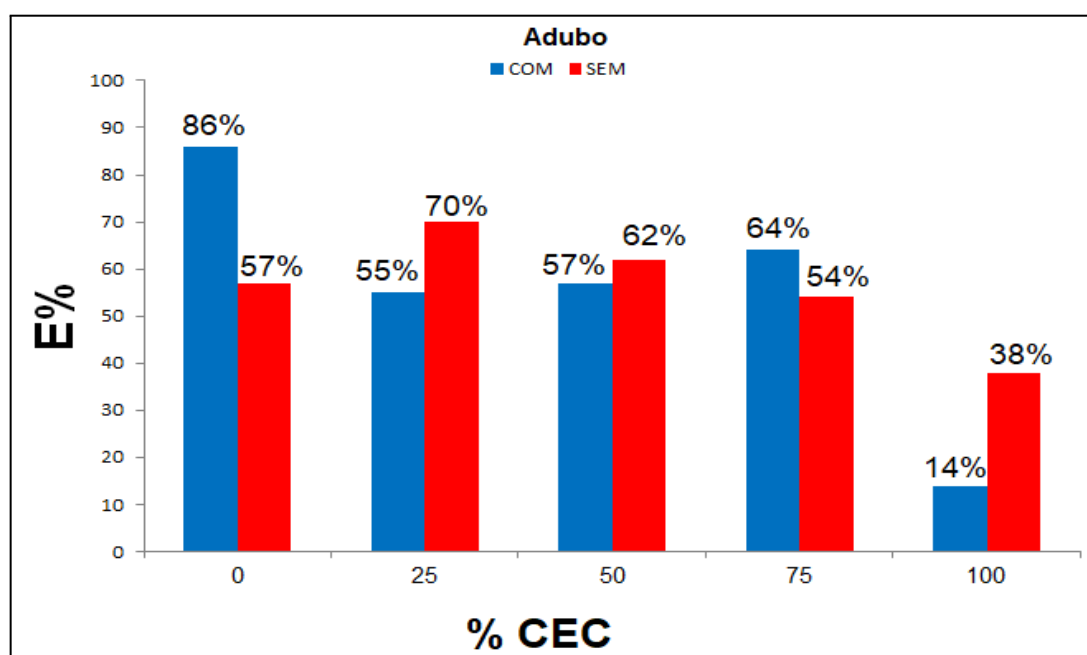
Na produção de mudas de tomateiro tipo cereja em substrato de CEC de *Agaricus bisporus*, Tolardo (2021) constatou um baixo desempenho ao utilizar 100% de CEC fresco em comparação ao CEC compostado. Esse resultado foi atribuído à alta condutividade elétrica do CEC (6,76 ds m⁻¹) e ao pH elevado (8,32).

Em estudo analisando as características do CEC de *Agaricus bisporus* (fresco), Medina *et al.* (2009) observaram a CE de 5,90 dS m⁻¹, valor muito superior comparado ao substrato comercial (cerca de 0,001 dS m⁻¹). Demontiêzo *et al.* (2016) relatam que valores > 2,5 dS m⁻¹ de CE afetam de maneira negativa a porcentagem de germinação de sementes, justificando os resultados obtidos a partir do uso do resíduo.

A adubação de base também se apresentou prejudicial ao TME. Fertilizantes potássicos, como o cloreto de potássio (KCl), presente na adubação de base, pode aumentar ainda mais a quantidade de sais no meio e dificultar a hidratação das sementes devido ao alto índice salino, em comparação com outros fertilizantes (MALAVOLTA, 2006).

Os sais presentes no CEC e nos fertilizantes, em especial o cloreto de potássio (KCl), além de exercer efeitos prejudiciais sobre a germinação, também prejudicam o desenvolvimento futuro das plantas (SOUZA *et al.*, 2010). Tal condição pode levar a uma redução do potencial hídrico e, conseqüentemente, diminuição da absorção de água, contribuindo para atrasos no viveiro (RIBEIRO *et al.*, 2001). O gráfico 1 demonstra a porcentagem de emergência observada nos tratamentos avaliados.

Gráfico 1 - Porcentagem de emergência (E%) dos tratamentos experimentais.



Fonte: Elaborado pelo autor

O maior valor de E% foi encontrado no T5 (0% CEC mais adubação), com 86%. O tratamento T1 (100% CEC mais adubação) resultou na menor E% (14%). Comparado a T6 (100% CEC somente) foi observado E% duas vezes superior a T1 (38%), caracterizando redução intensificada de E% pelo adubo mineral.

Os resultados mostram a característica salina do CEC e seu efeito negativo na emergência das sementes de *E. urograndis*. Neste caso, a produção de mudas por reprodução sexuada (sementes) em altas proporções do composto com adubação de base torna-se prejudicial. Ressalta-se a importância da mistura com outros substratos, com a finalidade de diminuir a salinidade do meio, conforme mostram a E% dos tratamentos com proporções de 25, 50 e 75% de CEC no Gráfico 1.

A compostagem pode ser uma técnica eficaz para reduzir a condutividade elétrica (CE) e mitigar o efeito negativo na germinação das plantas. Em um estudo realizado por Colella *et al.* (2019), a partir do CEC de *A. bisporus* compostado, foi observada uma porcentagem de germinação de plântulas de tomate em torno de 90%, valor semelhante aos níveis alcançados na produção comercial.

Martins (2022), em estudo de CEC de *L. edodes* como substrato para mudas de *Eucalyptus grandis*, assim como o presente trabalho, observou redução da E% com a maior adição de CEC (50% substrato exaurido de *L. edodes* + 50% casca de arroz carbonizada). A baixa emergência das plantas foi relacionada com a porosidade do resíduo e sua capacidade limitada de retenção de água. O substrato CS obteve 25,32% de macroporos e 54,97% de microporos; o CEC de *L. edodes* apresentou 42,74% de macroporos e 41,18% de microporos.

Os tratamentos presentes no gráfico 2, com dose mínima de CS (> 25%), apresentaram melhores percentagens de emergência (E%), quando comparados com ausência de CS. Isso pode estar associado à presença de vermiculita no substrato comercial. A vermiculita é um mineral com alta capacidade de retenção de água, contribuindo para uma melhor microporosidade do substrato.

5.3. Avaliações das mudas

A altura da parte aérea (H) e o diâmetro de coleto (DC) tiveram valores maiores com a fertilização, como consta a tabela 3.

Tabela 3 – Médias da altura da parte aérea (H) e do diâmetro do coleto (DC) de cada tratamento.

Adubação	Proporções de CEC					Média
	0%	25%	50%	75%	100%	
H (cm)						
Com	20,85 aC*	19,30 aBC	22,05 aB	21,65 aB	24,95 aA	21,76 a
Sem	18,70 bB	18,65 aB	18,70 bB	20,00 bAB	21,00 bA	19,41 b
Média	19,78 AB	18,98 B	20,38 AB	20,83 B	22,98 A	
CV	8,84					
DC (mm)						
Com	1,67 BCa	1,58 Ca	1,91 ABa	1,53 Ca	2,10 Aa	1,76 a
Sem	1,33 Bb	1,55 ABa	1,83 Aa	1,32 Ba	1,67 Ab	1,54 b
Média	1,50 B	1,57 B	1,87 A	1,43 B	1,87 A	
CV*	14,77					

*Letras maiúsculas se diferem na linha e minúsculas se diferem na coluna segundo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade.

*CV = coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor

A maior altura encontrada foi no valor de 24,95 cm (100% CEC com adubação mineral), pelo T1. O tratamento T6 (100% CEC sem adubação) obteve altura de 21,00 cm, valor superior ao substrato CS sem adubação (18,70 cm).

Silva *et al.* (2018) avaliaram o uso de lodo de esgoto e casca de pupunha em diferentes proporções no cultivo de *E. urograndis*, obtendo médias de altura entre

19,3 cm a 36,3 cm. Toledo *et al.* (2015) investigaram o uso de um composto feito de resíduos da indústria de papel e celulose no cultivo de *Eucalyptus urograndis*. O estudo constatou que o uso desse composto incrementou a altura média das plantas, com médias obtidas entre 18,73 cm a 37,31 cm.

Os valores alcançados pelos tratamentos T1 (100% CEC com adubação) e T6 (100% CEC sem adubação), como já mencionado, permaneceram entre as médias dos trabalhos de Silva *et al.* (2018) e Toledo *et al.* (2015). O controle, por sua vez, não alcançou em 60 DIAS a altura média dos trabalhos citados.

Ao avaliar os substratos que receberam adubação, observa-se que as proporções de 50% e 100% de CEC apresentaram os melhores valores para DC, com 1,91 mm e 2,10 mm, respectivamente, superando a testemunha que registrou 1,67 mm (Tabela 5). Por outro lado, as proporções de 25% e 75% apresentaram os piores resultados, com médias de 1,58 mm e 1,53 mm, respectivamente.

A dose de 75% de CEC registrou valores abaixo do esperado, devido à infestação de formigas cortadeiras. O tratamento T6, que corresponde à dose de 100% de CEC sem adubação, obteve um valor de 1,67 mm para DC, o mesmo valor registrado pela testemunha (0% CEC + adubação). Já a dose de 50% de CEC sem adubação apresentou um valor de 1,83 mm para DC.

Sturion & Antunes (2000) afirmam que o DC contribui para o desenvolvimento das mudas à campo, auxiliando no suporte da parte aérea, com posicionamento ereto e não tombamento, que pode evitar a morte das plantas e possíveis falhas no talhão silvícola.

Segundo Lopes *et al.* (2007), o diâmetro de coleto ideal para o transplântio de uma muda de eucalipto deve ser no mínimo 2,5 mm aos 90 DAS. No presente trabalho, as médias mais próximas do diâmetro de coleto adequado foram obtidas pelo tratamento 100% de CEC + adubação (2,10 mm).

Os resultados de comprimento de raiz (CR), número de folhas (NF), massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSPA) e peso de matéria seca de raiz (MSR) estão apresentados na Tabela 4.

De acordo com análise estatística aplicada ao conjunto de dados, houve efeito significativo no fator adubação para NF, MFPA, MFR e MSPA. O CR e MSR não apresentaram diferença significativa para ambos os fatores.

Tabela 4 - Médias do comprimento de raiz (CR), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR).

Adubação	Proporções de CEC					Média
	0%	25%	50%	75%	100%	
CR (cm)						
Com	13,45	14,35	14,65	13,30	13,50	13,70 a
Sem	13,25	13,60	13,95	12,90	13,35	13,56 a
Média	13,35 A	13,98 A	14,30 A	13,10 A	13,43 A	
CV	10,51					
NF (n)						
Com	16,10 Ba	18,50 Aa	17,10 Aa	13,20 Ba	15,40 Aa	16,46 a
Sem	12,70 Ab	14,90 Ab	14,30 Ab	13,40 Aa	17,40 Aa	14,22 b
Média	14,40 AB	16,70 A	15,70 AB	13,30 B	16,60 A	
CV						
MFPA (g)						
Com	1,39 CDa	1,63 BCa	2,02 ABa	1,18 Da	2,13 Aa	1,67 a
Sem	1,02 Ab	1,26 Ab	1,27 Ab	1,16 Aa	1,39 Ab	1,22 b
Média	1,20 CD	1,45 BC	1,64 AB	1,17D	1,76 A	
CV	19,49					
MFR (g)						
Com	1,04 ABa	1,33 Aa	1,17 ABa	0,91 Ba	1,19 ABa	1,13 a
Sem	0,78 Aa	0,89 Aa	0,91 Aa	0,90 Aa	1,05 Aa	0,91 b
Média	0,91 A	1,11 A	1,04 A	0,91 A	1,12 A	
CV	13,10					
MSPA (g)						
Com	0,58 aA	0,49 aA	0,59 aA	0,51 aA	0,64 aA	0,56 a
Sem	0,33 bA	0,39 aA	0,38 bA	0,40 aA	0,47 bA	0,39 b
Média	0,46 A	0,44 A	0,49 A	0,46	0,56 A	
CV	11,30					

		MSR (g)				
Com	0,18	0,28	0,21	0,20	0,18	0,19 a
Sem	0,11	0,18	0,12	0,17	0,18	0,17 a
Média	0,15 A*	0,23 A	0,17 A	0,19 A	0,18 A	
CV*	15,37					

*Letras maiúsculas se diferem na linha e minúsculas se diferem na coluna segundo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade.

*CV = coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo Neves *et al.* (1990), são necessárias aplicações elevadas de nutrientes devido à pequena quantidade de substrato que é limitado pelo volume do tubete. Dentre os nutrientes principais, o fósforo é bem significativo no crescimento radicular (GRACIANO *et al.*, 2006). O macronutriente foi disponibilizado via adubação mineral na base e também foi consideravelmente encontrado na composição de CEC (6,8 g kg⁻¹), justificando possível ganho no MFR.

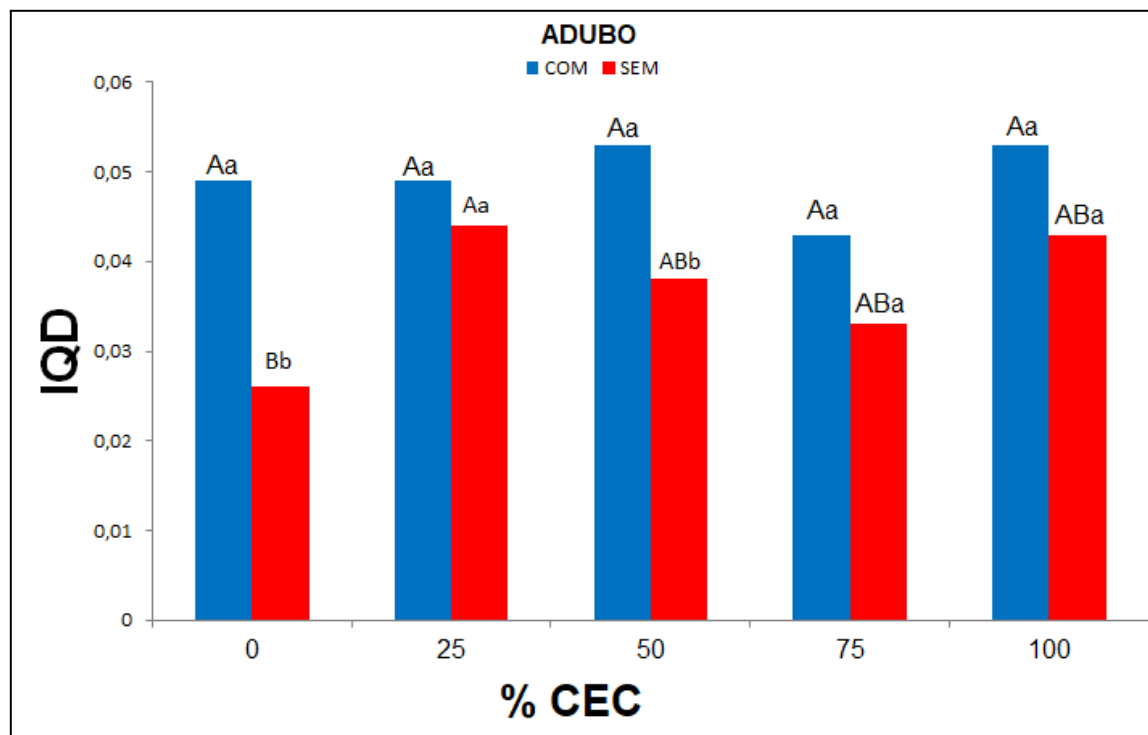
Segundo Mendonça *et al.* (2010), quando submetidas a concentrações salinas desfavoráveis, as mudas de espécies florestais conseguem sobreviver a essas condições, mas o custo disso está na redução da massa seca e da área foliar. Os resultados de massa seca de raiz não apresentaram diferença significativa, inclusive a testemunha, diferindo dos resultados encontrados por Mendonça e colaboradores. Para FPA foi observado o melhor resultado com a dose de 100% de CEC, estabelecendo relação com a H.

Em relação ao IQD, nota-se que a substituição do CEC, independentemente da dosagem utilizada, não diferiu do tratamento sem CEC (0%), demonstrando potencial de reutilização do resíduo para a produção de mudas. Foi observado que a adubação mineral de base foi essencial para aumentar o IQD (Gráfico 2).

Considera-se que os maiores valores obtidos de IQD se correlacionam com melhor desempenho das características morfológicas de crescimento vegetal inicial. Contudo, para se realizar a comercialização e transplântio, recomenda-se o IQD mínimo de 0,05 para mudas de eucalipto (BINOTTO, 2007). Associando aos dados obtidos neste estudos, nota-se que os tratamentos que apresentaram IQD > 0,05

foram o T1 e o T3, com proporções de 100% e 50% de CEC com adubação, respectivamente.

Gráfico 2 - Índice de Qualidade de Dickson (IQD) para cada tratamento experimental.



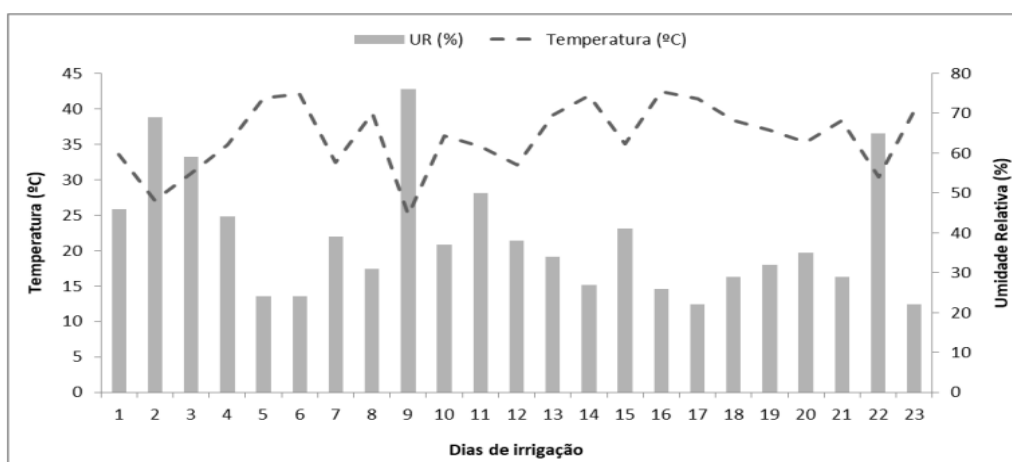
*Letras maiúsculas se diferem entre as colunas de mesma cor e minúsculas se diferem entre as colunas de cores diferentes segundo Teste de Tukey a 0.05.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.4. Avaliações das mudas em vasos

No gráfico 3 são apresentados a temperatura média e umidade relativa do ar (UR%) da estufa agrícola que foi desenvolvida a experimentação durante a fase II (março-abril de 2022).

Gráfico 3 - Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (UR%) da estufa agrícola durante o período de irrigação das plantas de *E. urograndis*.



Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que a temperatura na estufa agrícola variou entre 43°C (dia 9) e 13°C (dia 23), enquanto a UR se encontrou na faixa 43% (dia 6) a 25% (dia 9).

As médias obtidas de altura (H) e diâmetro de coleto (DC) são demonstradas na tabela 5.

Tabela 5 - Médias da altura (H) e diâmetro do coleto (DC) das plantas de *E. urograndis* produzidas em diferentes proporções de CEC de *A. bisporus* sob diferentes lâminas de irrigação.

TRATAMENTOS	Lâmina d'água (% da CV)				Média
	25%	50%	75%	100%	
	H (cm)				
0 % CEC	68,33 aB	72,33 bB	78,67 aAB	96,67 aA	79,00 b

25% CEC	60,17 aB	77,00 abAB	86,67 aA	88,67 aA	78,13 b
50% CEC	81,00 aA	77,67 abA	97,00 aA	79,00 aA	83,67 ab
75% CEC	63,67 aB	80,67 abAB	88,67 aA	86,67 aA	79,92 ab
100% CEC	72,67 aB	97,67 aA	97,33 aA	99,33 aA	91,75 a
Média	68,17 B	81,07 A	89,67 A	90,07 A	
CV	12,73				
TRATAMENTOS	DC (mm)				
0 % CEC	8,95 aB	10,78 aAB	12,79 aA	13,30 aA	11,45 a
25% CEC	8,24 aB	10,72 aAB	11,40 aAB	12,11 aA	10,62 a
50% CEC	8,04 aC	11,47 aAB	14,22 aA	10,75 aBC	11,12 a
75% CEC	7,02 aB	12,64 aA	13,88 aA	12,86 aA	11,60 a
100% CEC	10,25 aAB	12,65 aAB	13,68 aA	11,60 aAB	12,04 a
Média	8,50 C*	11,65 B	13,19 A	12,12 AB	
CV*	12,72				

*Letras maiúsculas se diferem na linha e minúsculas se diferem na coluna segundo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade.

*CV = coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor

As proporções de CEC 25%, 50%, 75% não apresentaram diferença significativa para as variáveis H e DC. Concomitante, a substituição total (100% de CEC) do substrato comercial é incrementada em mais de 10 cm de H com a reutilização do resíduo de cogumelo.

O estudo conduzido por Almeida *et al.* (2018) avaliou o desenvolvimento inicial do maracujazeiro amarelo, utilizando diferentes fontes orgânicas e lâminas de água. Os resultados demonstraram uma interação significativa entre a composição dos substratos e as diferentes quantidades de irrigação.

A variável H obteve menor comprimento quando submetida à lâmina de 25%, obtendo cerca de 68,17 cm. Este resultado corrobora com os estudos realizados por Rodrigues *et al.* (2011), que também encontraram resposta semelhante em relação ao estresse hídrico sobre a altura das plantas de eucalipto.

Castro *et al.* (2018) demonstraram que clones de *E. grandis* submetidos a uma maior disponibilidade de água apresentam elevada taxa fotossintética, resultando em maior produção de fitohormônios e carboidratos, os quais são translocados pelo vaso floema e, conseqüentemente, proporcionam melhor desenvolvimento para a planta. No entanto, este fornecimento hídrico adequado pode não ser encontrado em determinadas regiões com baixo índice pluviométrico.

A redução da disponibilidade de água para lâminas de 50% e 75% da CV não apresentaram diferença significativa comparada à lâmina de 100% da CV, com H observado na ordem de 81,07 a 90,07 cm. Resultados similares foram observados para DC, que não apresentou diferença significativa para a redução da lâmina de 75%.

Com relação aos efeitos desdobrados, observa-se que o uso de CEC, independente da dose utilizada, não reduziria H em lâminas de água até 50%. Ressalta também que a comparação do uso de 50 e 100% de CEC sob a lâmina de 25% de CV resultou em valores de DC similares aos obtidos na maior lâmina de água estudada.

A literatura sugere que o uso de resíduos orgânicos em substituição a substratos para mudas, tais como o composto de lodo de esgoto, pode reduzir a demanda hídrica em espécies florestais (SANTANA *et al.* 2019, DELARMELENA *et al.* 2013, LOBO *et al.* 2020). De acordo com esses autores, o alto teor de matéria orgânica no composto aumenta sua capacidade de retenção de água, o que resulta em uma redução da quantidade de água necessária para as plantas.

Similarmente, o CEC contém alta concentração de matéria orgânica, devido aos processos de compostagem utilizados na produção do substrato para o cultivo de cogumelos, bem como a adição de camadas de cobertura com turfa (PRASSAD *et al.*, 2021). Logo, o CEC seria altamente recomendável para a produção de substrato de mudas de eucalipto para a reduzir a demanda hídrica.

Na tabela 6 são demonstradas as médias observadas para NR, CR, MFPA, MFR e MSPA e MSR. Foi observado que a adição de CEC ao substrato, em quaisquer proporções, não diferiu estatisticamente para as variáveis CR, NR, MFR, MSPA e MSR, comparado ao substrato controle (0% de CEC). Ressalta-se ainda que em condições específicas, o uso de 25% de CEC ao substrato incrementou cerca de 5g de MSR, corroborando com os resultados de H e DC.

Tabela 6 - Médias do número de ramos (NR), comprimento de raiz (CR), massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), sob diferentes lâminas d'águas às plantas de *E. urograndis*.

TRATAMENTOS	Lâmina d'água (% da CV)				Média
	25%	50%	75%	100%	
CR (cm)					
0 % CEC	47,67	69,00	57,00	59,00	58,17 ab
25% CEC	49,67	57,00	60,33	61,33	57,08 ab
50% CEC	41,00	57,00	57,66	54,33	52,50 b
75% CEC	60,67	70,33	66,33	75,67	68,25 a
100% CEC	43,33	46,00	46,33	57,00	48,17 b
Média	48,47 B	59,87 A	57,53 AB	61,47 A	
CV					19,10
NR (n)					
0 % CEC	26,00 aA	27,33 aA	32,00 aA	26,67 aA	28,00 a
25% CEC	24,33 aA	25,33 aA	29,00 aA	29,67 aA	27,08 a
50% CEC	24,33 aAB	28,67 aAB	32,67 aA	22,33 aB	27,00 a
75% CEC	20,33 aA	20,00 aA	23,00 aA	22,00 aA	21,33 a
100% CEC	21,67 aA	24,67 aA	27,00 aA	25,33 aA	24,67 a
Média	23,33 B	25,20 AB	28,73 A	25,50 AB	
CV					16,64
MFR (g)					
0 % CEC	69,36 abA	105,17 aA	95,27 aA	109,27 aA	94,77 a
25% CEC	84,36 abA	85,29 aA	108,60 aA	91,75 abA	92,50 a
50% CEC	105,60 aA	97,04 aAB	97,04 aAB	57,36 bB	88,77 a
75% CEC	50,65 bB	96,79 aA	104,96 aA	88,04 abAB	85,11 a

100% CEC	73,78 abA	110,67 aA	110,53 aA	73,90 abA	89,72 a
Média	76,75 B	98,99 A	100,89 A	84,06 AB	
CV	21,13				
MFPA (g)					
0 % CEC	79,18 aB	132,09 aAB	181,98 aA	178,03 aA	142,82 a
25% CEC	75,77 aC	120,29 aBC	201,65 aA	167,80 aAB	141,38 a
50% CEC	75,95 aB	107,53 aAB	173,57 aA	111,28 aAB	117,08 ab
75% CEC	60,12 aB	90,95 aB	95,40 bB	168,72 aA	103,80 b
100% CEC	80,50 aB	157,21 aA	190,52 aA	140,58 aAB	142,20 a
Média	74,30 C	21,61 B	168,63 A	153,28 A	
CV	19,42				
MSR (g)					
0 % CEC	14,28 aB	19,47 bcAB	23,51 aA	19,17 aAB	19,11 b
25% CEC	16,64 aB	23,76 abB	32,76 aA	24,41 aAB	24,39 a
50% CEC	15,94 aB	29,01 aA	25,40 aA	15,95 aB	21,57 ab
75% CEC	14,43 aB	19,00 bcAB	27,64 aA	21,09 aAB	20,54 ab
100% CEC	16,50 aB	14,15 cB	26,93 aA	16,29 aB	18,47 b
Média	15,56 B	21,08 AB	27,25 A	19,38 B	
CV	19,34				
MSPA (g)					
0 % CEC	20,91 aB	43,70 aA	45,84 aA	42,29 abA	38,18 a
25% CEC	22,45 aC	42,53 aB	59,34 aA	46,54 abAB	42,72 a
50% CEC	24,09 aB	38,91 aAB	47,23 aA	29,73 bB	34,99 a
75% CEC	19,58 aB	44,65 aA	60,20 aA	49,97 aA	43,60 a
100% CEC	22,18 aB	54,08 aA	55,94 aA	41,59 abA	43,45 a
Média	21,84 C*	44,77 AB	53,71 A	42,02 AB	
CV*	18,47				

*Letras maiúsculas se diferem na linha e minúsculas se diferem na coluna segundo Teste de Tukey a 0.05 de probabilidade.

*CV = coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pelo autor

O reuso de resíduos orgânicos como substrato no viveiro e seu efeito benéfico no desenvolvimento inicial das mudas também foi observado por Araújo *et al.* (2020). Além disso, os autores observaram que o uso de composto orgânico melhora as características morfológicas da *Senna multijuga*, corroborando com os resultados obtidos neste estudo.

Considerando que o CEC possui uma alta biodiversidade microbiana, microrganismos podem ter auxiliado no desenvolvimento vegetal e colonização inicial das raízes no solo. Caracterizando a comunidade fúngica e bacteriana presente na rizosfera de plantas de tomates cultivadas com CEC de *A. bisporus* e *A. subrufescens*, Moraes *et al.* (2020) encontraram algumas espécies de microrganismos promotores de crescimento e de controle biológico vegetal, tais como *Geastrum floriforme*, *Chrysosporium chiropterum*, *Pleurotus* sp. e *Trichosporon* sp.

Apesar de o MFPA ter sido reduzido em mais 35 g com o uso de 75% de CEC, comparado a 0% de CEC, há possibilidade de que o ataque de formigas cortadeiras nas mudas deste tratamento no viveiro (Fase I) tenha influenciado os resultados observados. Isso justifica o baixo desenvolvimento vegetal inicial que foi observado para este tratamento.

Com relação à disponibilidade hídrica, foi observado no geral que a redução das lâminas para 50% e 75% de CV não reduziu o crescimento (CR) e incremento de massa (MFR e MSR) radicular. Considerando essas lâminas como proporções intermediárias, hipotetiza-se que condições de escassez ou de abundância hídrica no solo (25% e 100% da CV, respectivamente) poderia resultar em baixos incrementos para o desenvolvimento radicular no solo.

O excesso de água no substrato pode levar à lixiviação de nutrientes. De acordo com Alfrenas *et al.* (2009), além dos riscos de doenças, o aumento do volume de água também pode resultar em um fenômeno conhecido como geotropismo negativo, que afeta negativamente o crescimento das raízes.

Para efeitos desdobrados, observa-se que para a maioria das variáveis avaliadas (com exceção de CR), lâminas acima de 50% de CV se qualificaram como melhores opções para o desenvolvimento inicial do eucalipto. Destacando-se a comparação entre os tratamentos desdobrados de 0 e 100% de CEC, observa-se que a aplicação da lâmina de 25% de CV não reduziu estatisticamente as variáveis CR, NR e MFR em nenhum dos tratamentos.

Dessa forma, a utilização do resíduo demonstrou ser apropriada para promover o crescimento inicial de plantas de eucalipto em condições de baixa disponibilidade de água, como evidenciado pelas medições de plantas. Além disso, mesmo nas variáveis em que o CEC não proporcionou benefícios ou interação com as diferentes quantidades de água aplicadas, ainda assim foi possível obter um ganho econômico devido à possibilidade de substituição completa do substrato comercial pelo resíduo.

6. CONCLUSÕES

O uso de composto exaurido de cogumelo (CEC) de *A. bisporus*, assim como a adubação mineral de base para substratos de mudas de *E. urograndis* gerou redução da emergência e prejuízos no tempo de emergência das plântulas. Em contrapartida, a substituição do substrato convencional por 100% de CEC incrementou parâmetros biométricos e elevou a qualidade das mudas, quando combinada com adubação, alcançando o padrão comercial aos 60 dias.

De acordo com os resultados obtidos na Fase II, o uso de CEC como substrato de mudas, independentemente da proporção, exerce efeitos positivos no desenvolvimento inicial do eucalipto, mitigando o estresse hídrico do eucalipto sob lâminas d'água de até 50% da capacidade do vaso (CV). Conclui-se que o uso de CEC é uma alternativa promissora e viável para a produção de eucalipto em regiões com solos arenosos e disponibilidade hídrica limitada.

Sugere-se que futuros estudos avaliem outras variáveis importantes, tais como: eficiência do uso da água, atividade fotossintética e estresse oxidativo na planta; para melhor compreensão dos efeitos mitigadores da deficiência hídrica em mudas de eucalipto cultivadas com CEC.

7. REFERÊNCIAS

- ABARCA, H. J. T. (2007). Tablas de vida y fecundidad y constantes térmicas de *Pediculaster mesem brinae* (Canestrini)(Acari: Siteroptidae) y *Brennandania lambi* (Kreczal),(Acari: Pygmephoridae), en champiñon *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach.
- ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Revista Árvore**, v.27, n. 2, p. 159-170, 2003.
- ALVES, L. D. S.; CAETANO, C. E. C.; FERRARI, S.; VIEIRA JUNIOR, W. G.; HEINRICHS, R.; de ALMEIDA MOREIRA, B. R.; ZIED, D. C. (2022). Application of Spent Sun Mushroom Substrate in Substitution of Synthetic Fertilizers at Maize Topdressing. **Agronomy**, 12(11), 2884.
- ALVES, M. E. B. Disponibilidade e demanda hídrica na produtividade da cultura do eucalipto. 2009. 155 f. Tese (Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- Ameaças do pinus e eucalipto às Florestas com Araucárias nos estados do Paraná e Santa Catarina, 2022. Disponível em: <https://justicaeco.com.br/ameacas-do-pinus-e-eucalipto-as-florestas-com-araucarias-nos-estados-do-parana-e-santa-catarina/>. Acesso em: 26 de Maio de 2023.
- AMOAHA-ANTWI, C.; KWIATKOWSKA-MALINA, J.; THORNTON, S. F.; FENTON, O.; MALINA, G.; & SZARA, E. (2020). Restoration of soil quality using biochar and brown coal waste: A review. **Science of the Total Environment**, 722, 137852.
- Anuário Brasileiro da Silvicultura (2016). Santa Cruz do Sul (RS): Editora Gazeta.
- ARAÚJO, E. F.; SOUSA, L. B.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; ARAUCO, A. M. D. S.; PEREIRA, R. R.; & LUSTOSA FILHO, J. F. (2021). Organic residues improve the quality and field initial growth of *Senna multijuga* seedlings. **Journal of Sustainable Forestry**, 40(3), 249-262.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE COGUMELOS - ANPC. Cogumelos ganham mercado. 2019. Disponível em: <https://www.opopular.com.br/noticias/economia/cogumelos-ganham-o-mercado-1.1710231>. Acesso em: 18 de outubro de 2020.
- ATALLAH, E.; ZEAITER, J.; AHMAD, M. N.; LEAHY, J. J.; KWAPINSKI, W. Hydrothermal carbonization of spent mushroom compost waste compared against torrefaction and pyrolysis. **Fuel Processing Technology**, v. 216, p. 106795, 2021.
- AZEVEDO, E.; & BARATA, M. (2018). Diversidade no reino Fungi e aplicações à Indústria. **Revista de Ciência Elementar**, 6(4).

BARRETO, C. A. Eucalipto, água e sociedade: a construção de representações no Vale do Paraíba, SP. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Indústria Brasileira de Árvores (2020).

BARRETO, C. A. Eucalipto, água e sociedade: a construção de representações no Vale do Paraíba, SP. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BERNARDINO, L. T.; BONOMO, R.; SOUZA, J. M. Desenvolvimento inicial de mudas de eucalipto sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortal.

BINOTTO, A. F. (2007). Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii*-Engelm.

CARPIO, M. J.; ANDRADES, M. S.; HERRERO-HERNANDEZ, E.; MARÍN-BENITO, J. M.; SANCHEZ-MARTÍN, M. J.; & RODRÍGUEZ-CRUZ, M. S. (2023). Changes in vineyard soil parameters after repeated application of organic-inorganic amendments based on spent mushroom substrate. **Environmental research**, 221, 115339.

COLLELA, C. F.; COSTA, L. M. A. S.; MORAES, T. S. J. D.; Zied, D. C., Rinker, D. L., & Dias, E. S. (2019). Potential utilization of spent *Agaricus bisporus* mushroom substrate for seedling production and organic fertilizer in tomato cultivation. **Ciência e Agrotecnologia**, 43.

DE ABREU, J. A. S.; ROVIDA, A. F. D. S.; PAMPHILE, J. A. (2015). Fungos de interesse: aplicações biotecnológicas. **Uningá Review**, 21(1).

DELARMELINA, W. M., Caldeira, M. V. W., Faria, J. C. T., & de Oliveira Gonçalves, E. (2013). Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. *Revista Agro@mbiente on-line*, 7(2), 184-192.

DEMONTIÊZO, F. L. L.; ARAGÃO, M. F.; JÚNIOR, M. V.; PAIVA, P. V. V.; & LIMA, S. C. R. V. (2016). Emergência e crescimento inicial de tomate 'Santa Clara' em função da salinidade e condições de preparo das sementes. **Irriga**, 1(1), 81-81.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forest Chronicle**, v. 36, n. 01, p. 10-13, 1960.

EI SEBAALY, Z.; ASSADI, F.; SASSINE, Y. N.; & SHABAN, N. (2019). Substrate types effect on nutritional composition of button mushroom (*Agaricus bisporus*). **Poljoprivreda i Sumaré Stvo**, 65(1), 73-80.

EMBRAPA, 2021. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pupunha/arvore/CONT000h3115ka602wx7ha06keammoovgg54.html>. Acesso em: 12 de Outubro de 2021.

EMBRAPA, 2023. Disponível em:

www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas. Acesso em: 28 de Abril de 2023.

FABRI, E.G.; TAVARES, P.E.R. A região da Alta Paulista e suas potencialidades na produção de corantes naturais. Pesquisa & Tecnologia - APTA. 2006.

FAO (2020): O cultivo de cogumelos. Disponível em:

https://agris.fao.org/agris-search/search.do?jsessionid=5BEEFD3F0CC5B25E83C0D209AF062B27?request_locale=ar&recordID=QG2015001410&query=&sourceQuery=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=¢erString=&enableField=

Acesso em: 18 de outubro de 2020.

FARIA, J. R.; SILVA, J. F.; NERIS, K. P.; LOPES, F. L. R.; SILVA, M. C., LISBOA, E. S.; LOPES, F. M. (2013). Desenvolvimento de *Eucalyptus urograndis* no município de Corumbá-GO. Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde, 17(2). Research, 2007, p. 17-25.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Sistema FAOSTAT. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 07 Nov 2021.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. D. A.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M., THIEBAUT, J. T. L.; ABAD, J. I. M., BARROSO, D. G., & FERRAZ, T. M. (2019). Correlações entre a Qualidade de Mudas Clonais de Eucalipto e o Desempenho após o Plantio. **Floresta e Ambiente**, 26.

GRACIANO, C.; GOYA, J.F.; FRANGI, J.L.; GUIAMET, J.J. Fertilization with phosphorus increases soil nitrogen absorption in young plants of *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology and Management**, v. 236, n. 2-3, p. 202-210, 2006.

GRIMM, D.; WÖSTEN, H. A. B. Mushroom cultivation in the circular economy. **Applied microbiology and biotechnology**, [s. l.], v. 102, n. 18, p. 7795- 7803, 2018.

Guerra no Leste Europeu. Disponível em:

www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/conflito-no-leste-europeu-completa-um-me-s-e-setor-de-fertilizantes-segue-apreensivo.aspx. Acesso em: 28 de Abril de 2023.

HANAFI, M, F.H.; REZANIA, S.; MAT TAIB, S. Environmentally sustainable applications of agro-based spent mushroom substrate (SMS): an overview. **Journal of Mater Cycles Waste Manag**. 20, 1383–1396 (2018).

JASINSKA, A. (2018). Spent mushroom compost (SMC)–retrieved added value product closing loop in agricultural production. **Acta Agraria Debreceniensis**, 185-202.

JEROMINI, T. S.; SILVA, G. Z. D.; MARTINS, C. C.; & NEVES, B. R. (2021). Water availability and substrate in the emergency and initial development of *Bauhinia scandens* L. **Revista Ceres**, 68, 143-148.

LEONG, Y. K.; MA, T. W.; CHANG, J. S.; & Yang, F. C. (2022). Recent advances and future directions on the valorization of spent mushroom substrate (SMS): A review. **Bioresource Technology**, 344, 126157.

LI, F.; KONG, Q.; ZHANG, Q.; WANG, H.; WANG, L.; LUO, T. Spent mushroom substrates affect soil humus composition, microbial biomass and functional diversity in paddy fields. **Applied soil ecology**, v. 149, p. 103489, 2020.

LOBO, T. F.; de OLIVEIRA, F. C.; & da SILVA, M. R. (2020, October). Uso de lodo de esgoto na produção de mudas clonais de *Eucalyptus*. In **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215 (Vol. 16, No. 5, pp. 114-126).

LOPES, R. X.; ZIED, D.C.; MARTOS, E.T.; SOUZA,R.J.; SILVA, R.; DIAS, E.S. Application of spent *Agaricus subrufescens* compost in integrated production of seedlings and plants of tomato. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 4, n. 3, p. 211-218, 2015.

LOPES, J.L.W.; GUERRINI, I.A.; SAAD, J.C.C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

MAGALHÃES, C. A. S.; MORALES, M. M.; REZENDE, F. A.; LANGER, J. Eficiência de fertilizantes organominerais fosfatados em mudas de eucalipto. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p.80-85, 2017.

MAIA, C.M.B.F. Efeito do resíduo exaurido do cultivo de cogumelos sobre a germinação de sementes de *Eucalyptus dunnii*. Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE),1998.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

Martins, O. G. (2022). Substrato exaurido de cogumelos para produção de mudas florestais.

MEDINA, E.; PAREDES, C.; PÉREZ-MURCIA, M. D.; BUSTAMANTE, M. A., & Moral, R. (2009). Spent mushroom substrates as a component of growing media for germination and growth of horticultural plants. **Bioresource technology**, 100(18), 4227-4232.

MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. de A.; FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G. Physiological characteristics of *Eucalyptus* spp seedlings submitted to saline stress. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 255-267, 2010.
MORAES, T. S. J. D.; COSTA, L. M. A. S.; SOUZA, T. P.; COLLELA, C. F.; & DIAS, E. S. (2020). Fungal and bacterial population from spent mushroom substrate used to cultivate tomato plants. **Ciência e Agrotecnologia**, 44.

MOSCA, A.A.O. Avaliação dos impactos ambientais de plantações de eucalipto no cerrado com base na análise comparativa do ciclo hidrológico e da sustentabilidade da paisagem em duas bacias de segunda ordem. 2008. 256 f. Tese (Geografia física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MUSZYNSKA, B.; KALA, K.; ROJOWSKI, J., GRZYWACC, A., & Opoka, W. (2017). Composition and biological properties of *Agaricus bisporus* fruiting bodies-a review. **Polish journal of food and nutrition sciences**, 67(3).

NAKAYAMA, F.T.; BRUNO, E.S.; CURI, A. S. Avaliação de 12 espécies de eucalipto para reflorestamento para as condições edafoclimáticas da região da Alta Paulista. **Revista científica** – 2017.

NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; NOVAIS, R.F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (Ed.) *Relação solo-eucalipto*. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. 330 p.

PEITER, M. X., PARIZI, A. R. C., ROBAINA, A. D., & SOARES, F. C. (2007). **Consumo de água e produção da flor da fortuna CV. Gold Jewel sob diferentes lâminas de irrigação**. *Irriga*, 12(1), 83-91.

PRASAD, R.; LISIECKA, J.; ANTALA, M.; & RASTOGI, A. (2021). Influence of different spent mushroom substrates on yield, morphological and photosynthetic parameters of strawberry (*Fragaria × ananassa Duch.*). **Agronomy**, 11(10), 2086.

Relatório anual: Indústria Brasileira de Árvores. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 4 de Fevereiro de 2021.

RIBEIRO, M.C.C.; MARQUES, B.M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus L.*). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.1, p.281-284, 2001.

RODRIGUES, S. B. S.; MANTOVANI, E. C.; de OLIVEIRA, R. A.; de PAIVA, H. N., & ALVES, M. E. B. (2011). Necessidades hídricas de mudas de eucalipto na região Centro-Oeste de Minas Gerais. *Irriga*, 16(2), 212-223.

ROY, R.; NUNEZ-DELGADO, A.; SULTANA, S.; WANG, J.; BATTAGLIA, M. L.; SARKER, T.; & ZHANG, R. (2021). Additions of optimum water, spent mushroom compost and wood biochar to improve the growth performance of *Althaea rosea* in drought-prone coal-mined spoils. **Journal of Environmental Management**, 295, 113076.

SÁNCHEZ, J. E.; ZIED, D. C.; ALBERTÓ, E. Edible mushroom production in the Americas. In: 9th International conference on mushroom biology and mushroom products. Shanghai, China. 2018. p. 2-11.

SANTA, L. O.; DE ARAÚJO, F. M.; DE SOUZA, F. L. P.; DE CAMPOS LEME, M.; DE CAMARGO, T. P.; LOBO, T. F.; & SIQUEIRA, M. V. B. M. (2019). Desenvolvimento de mudas de dedaleiro (*Lafoensia pacari* A. St.-Hil.) mediante diferentes substratos e lâminas de irrigação. **Revista do Instituto Florestal**, 31(2), 147-156.

SEGS, 2019. Disponível em: www.segs.com.br/mais/agro/191490-estado-de-sao-paulo-e-o-maior-produtor-de-cogumelos-do-pais-importante-alternativa-de-geracao-de-renda-aos-agricultores. Acesso em: 7 de Outubro de 2020.

SENDI, H.; MOHAMED, M. T. M.; ANSWAR, M. P.; SAUD, H. M. Spent mushroom waste as a media replacement for peat moss in Kai-Lan (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) production. **The Scientific World Journal**, v. 2013, 2013.

SHBEEB, D. A.; FARAHAT, M. F.; & ISMAIL, H. M. (2019). Macronutrients analysis of fresh and canned *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* mushroom species sold in Alexandria markets, Egypt. *Egypt. Prog. Nutr*, 21, 203-209.

SILVA, F. A.; de M.; NUNES, G. M.; ZANON, J. A.; GUERRINI, I. A.; SILVA, R. B. Resíduo agroindustrial e lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 827-835, 2018.

SOLOS, Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, v. 3, 2013. Janeiro, v. 3, 2013.

SOUZA, Y. A. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão manso. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 83-92, 2010.

STURION, J. A.; ANTUNES, B. M. A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Ed.). Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p.125-150.

THOMAS, D. S. Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 3-4, p. 1305-1314, 2008.

TOLARDO, G. (2022). Produção de mudas e cultivo de tomateiro tipo cereja em substrato de cogumelo paris (*Agaricus bisporus*). Trabalho de conclusão de curso (TCC). Dracena-SP.

TOLEDO, F. H. S. F. de; VENTURIN, N.; CARLOS, L.; DIAS, B. A. S.; VENTURIN, R. P.; MACEDO, R. L. G. Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose na produção de mudas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 711-716, 2015.

UDOM, B. E.; UDOM, G. J.; & OTTA; J. T. (2022). Breakdown of dry aggregates by water drops after applications of poultry manure and spent mushroom wastes. **Soil and Tillage Research**, 217, 105267.

URBEN, A.; ROCHA, T.; HIRAGI, G. D. O.; dos SANTOS, R. S., ALVES, A. S.; VIANA, S.; dos SANTOS, J. N. B. (2016). Banco de cogumelos da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e perspectivas de uso na agropecuária brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 4., 2016, Curitiba. Recursos genéticos no Brasil: a base para o desenvolvimento sustentável: anais. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2016.

USMAN, M.; MURTAZA, G., & DITTA, A. (2021). Nutritional, medicinal, and cosmetic value of bioactive compounds in button mushroom (*Agaricus bisporus*): a review. **Applied Sciences**, 11(13), 5943.

ZIED, D. C.; SÁNCHEZ, J. E.; NOBLE, R.; & PARDO-GIMÉNEZ, A. (2020). Use of spent mushroom substrate in new mushroom crops to promote the transition towards a circular economy. **Agronomy**, 10(9), 1239.