

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

Claudia Costella

**O USO DO ESTUFIM E A SAZONALIDADE NA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE MATERIAIS GENÉTICOS RECALCITRANTES AO
ENRAIZAMENTO**

Santa Maria, RS.
2021

Claudia Costella

**O USO DO ESTUFIM E A SAZONALIDADE NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
MATERIAIS GENÉTICOS RECALCITRANTES AO ENRAIZAMENTO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do título de **Mestra em Engenharia Florestal**.

Orientadora: Prof. Dr^a. Maristela Machado Araujo

Santa Maria, RS.
2021

Costella, Claudia
O USO DO ESTUFIM E A SAZONALIDADE NA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE MATERIAIS GENÉTICOS RECALCITRANTES AO
ENRAIZAMENTO / Claudia Costella.- 2021.
60 p.; 30 cm

Orientadora: Maristela Machado Araujo
Coorientadora: Luciane Almeri Tabaldi
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2021

1. Estufim 2. Produção de miniestacas 3. Enraizamento
4. Eucalyptus 5. Corymbia I. Machado Araujo, Maristela
II. Almeri Tabaldi, Luciane III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

©2021

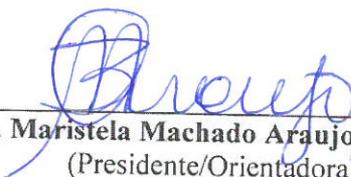
Todos os direitos autorais reservados a Claudia Costella. A reprodução de parte ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Claudia Costella

**O USO DO ESTUFIM E A SAZONALIDADE NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
MATERIAIS GENÉTICOS RECALCITRANTES AO ENRAIZAMENTO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do título de **Mestra em Engenharia Florestal**.

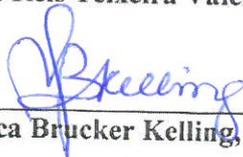
Aprovada em 22 de fevereiro de 2021:



Prof. Dr. Maristela Machado Araujo, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)



Brigida Maria dos Reis Teixeira Valente, Dra, (Eldorado Brasil)



Mônica Brucker Kelling, Dra, (UFSM)

Santa Maria, RS.
2021

*Aos meus pais Claudio e Rosa Maria,
aos meus irmãos Eduardo e Fernando,
e meus afilhados Érica Luísa e Murilo
dedico este trabalho!*

AGRADECIMENTOS

A Deus e todas as forças divinas que regem a humanidade, por terem me concedido o poder da vida, por iluminar e abençoar meus passos e caminhos, e por terem me levado até este momento!

A minha família, em especial meus pais, Claudio e Rosa Maria por todo amor, carinho, e por todas as oportunidades que me oferecem, em especial a oportunidade de poder dizer com muito orgulho que sou Engenheira Florestal. Aos meus irmãos, Eduardo e Fernando, por todo o apoio e por sempre oferecerem aquela palavra amiga. Aos meus afilhados, Érica Luiza e Murilo, por sempre me encherem de alegria e lembrarem que a felicidade está nas coisas mais simples, e que o amor e carinho são os itens mais importantes para uma vida feliz. Amo todos vocês!

A Universidade Federal de Santa Maria que me acolheu e se tornou meu lar desde 2013, só tenho a agradecer pela oportunidade de acesso ao conhecimento de qualidade e a todos os momentos únicos que a mesma me proporcionou nestes últimos anos.

A professora Maristela Machado Araujo, pela orientação durante todos os anos da graduação, e pela oportunidade que me concedestes ao me orientar pelos dois anos de mestrado, obrigado por todos os ensinamentos, pela amizade gerada, principalmente nos últimos dois anos.

Ao Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal, em especial ao Professor Ezequiel aos colegas de pós-graduação e agora Professores Suelen e Álvaro, aos colegas Adriana e Marillos pela convivência e pelas infinitas viagens em atividades de pesquisa e extensão, foram muitos momentos, conversas construtivas e muitas histórias juntos. Com vocês tudo se tornou mais fácil e com toda a certeza, muito mais divertido!

Aos demais integrantes dessa família: Juliane, Nayara, Julia, Vanessa, Luiz, Paula, Bruno, Gabriel, Henrique e Vinicius, pela convivência diária. Aos colaboradores do Laboratório: Gervásio, Michele e Valdoir.

Aos meus colegas Caroline e Guilherme pela amizade construída e pela parceria em todos os momentos, principalmente nas infinitas horas de estudos. As amigas Laura e Nubia pela amizade e por todo o apoio nestes últimos anos.

A banca examinadora por terem aceitado o convite e principalmente pela colaboração com o presente trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal pela oportunidade e a todos os professores pelo compartilhamento do conhecimento e experiências.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa por todo o período de mestrado.

A empresa CMPC - Celulose Riograndense pela parceria com o Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal UFSM e por todo o apoio técnico na condução dos experimentos.

O meu muito obrigada a todos!

*“Talvez possamos um dia nos arrepender do que fizemos...
Mas o arrependimento é um sinal de que não tivemos medo de tentar...
E daí se as coisas não deram certo como deveriam...
E daí se não era bem o que queríamos?
E a nossa vida segue...para tentarmos e errarmos muitas vezes...”*

Wandréia Carneiro

RESUMO

O USO DO ESTUFIM E A SAZONALIDADE NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MATERIAIS GENÉTICOS RECALCITRANTES AO ENRAIZAMENTO

AUTORA: Claudia Costella

ORIENTADORA: Maristela Machado Araujo

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o efeito do manejo do minijardim clonal sobre os índices de produtividade de minicepas, sobrevivência, enraizamento de miniestacas e qualidade fisiológica de minicepas dos gêneros *Corymbia* e *Eucalyptus*, nas diferentes estações do ano. A pesquisa foi realizada na Empresa CMPC - Celulose Riograndense, localizada na cidade de Barra do Ribeiro, RS. O experimento foi conduzido em delineamento blocos ao acaso em esquema fatorial com parcelas subdivididas, sendo a parcela principal composta por dois tipos de manejos de minijardim clonal (com e sem estufim) e na subparcela dois clones (*Eucalyptus saligna* e *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora*). O clone de *E. saligna*, serviu como referência tendo em vista ser um clone produzido comercialmente. Em cada coleta foi realizada a avaliação de produtividade das minicepas. Aos 30 dias após o estaqueamento, foi avaliada a sobrevivência e aos 45 dias a porcentagem de enraizamento das miniestacas. Paralelamente, as minicepas foram avaliadas quanto à produção de peróxido de hidrogênio (H₂O₂). Em todas as estações foi avaliada as variáveis ambientais de temperatura e umidade relativa do ar. O estufim promoveu aumento da temperatura e umidade relativa do ar em todas as estações avaliadas. As minicepas do híbrido *C. torelliana* x *C. citriodora*, quando conduzidas em ambiente com estufim, apresentaram aumento da produtividade (miniestacas/m²/mês) em todas as estações, resultado que ficou menos evidente para *E. saligna*. Além disso, a produtividade do híbrido é expressivamente superior ao do clone comercial *E. saligna*. Após condução das miniestacas ao enraizamento, a sobrevivência foi reduzida, principalmente, nas estações mais quentes, nesse caso com maior intensidade para o clone do híbrido. Consequentemente, o enraizamento desse material genético foi expressivamente reduzido no verão, quando as estacas foram coletadas em minijardim clonal com estufim (MJC Ce). Por outro lado, no inverno, coleta de estacas no MJC Ce foi favorável ao enraizamento de ambos os clones, ainda que a baixa taxa do híbrido não permita considerá-lo um clone comercial (enraizamento mínimo \cong 60%). A redução da temperatura, associada ao aumento do enraizamento são indicativos de que temperaturas elevadas são menos favoráveis para coleta e que o uso do estufim deve fazer parte do manejo durante o período de baixas temperaturas (inverno), independente do clone. De modo geral, os resultados sugerem que, em regiões subtropicais, o uso de estufim seja priorizado nos seis meses de mais baixas temperaturas, e não necessariamente de acordo com a estação, período que a variação da temperatura é ampla. Tecnicamente recomenda-se a utilização do estufim para a produção de mudas via miniestaquia, sob mais baixas temperaturas para ambos os clones, como modo de possibilitar maior rendimento de mudas disponíveis à expedição.

Palavras-chaves: Estufim. Produção de miniestacas. Enraizamento. *Eucalyptus*. *Corymbia*.

ABSTRACT

THE USE OF GREENHOUSES AND SEASONALITY IN THE PRODUCTION OF SEEDLINGS OF RECALCITRANT GENETIC MATERIALS TO ROOTING

AUTHOR: Claudia Costella
ADVISOR: Maristela Machado Araujo

The general aim of this study is to evaluate the effect of the management of the clonal minigarden on the ministumps productivity indexes, survival, rooting of minicuttings and physiological quality of ministumps related to the species of the genera *Corymbia* and *Eucalyptus*. The research was carried out at the CMPC Company – Celulose Riograndense, located in Barra do Ribeiro, RS. The experiment was conducted in a randomized block design in a factorial scheme with subdivided plots, in which the main plot is made up of two types of clonal minigarden management (with and without greenhouse) and in the subplot two clones (*Eucalyptus saligna* and *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora*). The *E. saligna* clone, served as a reference in view of being a commercially produced clone. In each collection, the productivity assessment of the ministumps was carried out. At 30 days after staking, survival was evaluated and at 45 days the percentage of rooting of the minicuttings. In parallel, the minicuttings were evaluated for the production of hydrogen peroxide (H₂O₂). In all seasons, the environmental variables of temperature and relative humidity were evaluated. The greenhouse promoted an increase in temperature and relative humidity in all evaluated seasons. The ministumps of the hybrid *C. torelliana* x *C. citriodora*, when conducted in a greenhouse, showed an increase in productivity (minicuttings/m²/month) in all seasons, a result that was less evident for *E. saligna*. In addition, the productivity of the hybrid is significantly higher than that of the commercial clone *E. saligna*. After driving to rooting, survival is reduced, mainly, in the warmer seasons, in this case with greater intensity for the hybrid clone. Consequently, the rooting of this genetic material was significantly reduced in the summer, when the cuttings were collected at MJC Ce. On the other hand, in the winter, cuttings collection at MJC Ce is favorable to the rooting of both clones, although the low rate of the hybrid does not allow it to be considered a commercial clone (minimum rooting \cong 60%). The reduction in temperature, associated with increased rooting, are indicative that high temperatures are less favorable for collection and that the use of the greenhouse should be part of the management during the low temperature period (winter), regardless of the clone. In general, the results suggest that, in subtropical regions, the use of greenhouses should be prioritized in the six months with the lowest temperatures, and not necessarily according to the season, a period in which the temperature variation is wide. Technically, it is recommended to use the greenhouse for the production of seedlings via minicuttings, under lower temperatures, for both clones, as a way to enable greater yield of seedlings available for dispatch.

Keywords: Greenhouse. Cuttings production. Rooting. *Eucalyptus*. *Corymbia*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Temperaturas mensais do ano de 2018 para o município de Barra do Ribeiro, RS 29
- Figura 2 – Temperatura média e umidade relativa do ar no minijardim clonal no ano de 2018, com (Ce) e sem estufim (Se), Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS 34
- Figura 3 – Produtividade de minicepas dos clones *E. saligna* e *C. torelliana x C. citriodora*, cultivadas em diferentes ambientes, nas estações verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) de 2018, no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS..... 36
- Figura 4 – Médias de produtividade de minicepas dos clones de *E. saligna* (a) e *C. torelliana x C. citriodora* (b) produzidas em diferentes ambientes nas quatro estações do ano, no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS..... 37
- Figura 5 – Porcentagem de sobrevivência de miniestacas coletadas em clones de *E. saligna* e *C. torelliana x C. citriodora*, em diferentes ambientes, nas estações do verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) de 2018, no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS 38
- Figura 6 – Médias de sobrevivência de miniestacas dos clones *E. saligna* (a) e *C. torelliana x C. citriodora* (b) produzidas em diferentes ambientes com estufim (Ce) e sem estufim (Se), nas quatro estações do ano no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS..... 39
- Figura 7 – Enraizamento de miniestacas de *E. saligna* e *C. torelliana x C. citriodora*, cultivados em diferentes ambientes, nas estações do verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) de 2018 no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS 40
- Figura 8 – Enraizamento de miniestacas de *E. saligna* (a) e *C. torelliana x C. citriodora* (b), produzidas em diferentes ambientes, com estufim (Ce) e sem estufim (Se), nas quatro estações do ano, no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS..... 41
- Figura 9 – Médias de peróxido de hidrogênio em minicepas de *E. saligna* e *C. torelliana x C. citriodora*, cultivados em diferentes ambientes, nas estações do verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d), em 2018, no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS..... 42
- Figura 10 – Peróxido de hidrogênio de minicepas de *E. saligna* (a) e *C. torelliana x C. citriodora* (b) produzidas em diferentes ambientes com estufim (Ce) e sem estufim (Se) nas quatro estações do ano no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS..... 43
- Figura 11 – Matriz de resultados da análise de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais dos diferentes manejos do minijardim clonal com as variáveis de produção para *Eucalytus saligna* 44
- Figura 12 – Matriz de resultados da análise de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais dos diferentes manejos do minijardim clonal com as variáveis de produção para *C. torelliana x C. citriodora*..... 45

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Solução nutritiva fornecida ao minijardim clonal do Viveiro Florestal da CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS. | 30 |
|--|----|

LISTA DE APÊNDICES

- APÊNDICE A** - Estrutura do estufim, fechado (a) e aberto (b), Viveiro Florestal da CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS 55
- APÊNDICE B** - Padrão de miniestacas coletadas em minicepas conduzidas em minijardim clonal do Viveiro da CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS .56
- APÊNDICE C**- Probabilidades da variável produtividade de minicepas provenientes de dois clones conduzidos em duas condições de minijardim clonal, nas estações verão, outono, inverno e primavera, no Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS57
- APÊNDICE D** - Probabilidades da variável porcentagem de sobrevivência de miniestacas provenientes de dois clones conduzidos em duas condições de minijardim clonal, nas estações verão, outono, inverno e primavera, no Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS..... 58
- APÊNDICE E** - Probabilidades da variável porcentagem de enraizamento de miniestacas provenientes de dois clones conduzidos em duas condições de minijardim clonal, nas estações verão, outono, inverno e primavera, no Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS.....59
- APÊNDICE F**- Probabilidades da variável peróxido de hidrogênio provenientes de dois clones conduzidos em duas condições de minijardim clonal, nas estações verão, outono, inverno e primavera, no Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS 60

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL | 16 |
| 2 | HIPÓTESES | 19 |
| 3 | OBJETIVOS | 19 |
| 3.1 | OBJETIVO GERAL..... | 19 |
| 3.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 19 |
| 4 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 20 |
| 4.1 | O GÊNERO <i>Eucalyptus</i> | 20 |
| 4.2 | CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS GENÉTICOS..... | 21 |
| 4.2.1 | <i>Eucalyptus saligna</i> Smith..... | 21 |
| 4.2.2 | <i>Corymbia torelliana</i> (F. Muell.) K. D. Hill & L.A.S. Johnson x <i>Corymbia citriodora</i> (Hook.) K. D. Hill & L.A.S. Johnson..... | 22 |
| 4.3 | SILVICULTURA CLONAL DE <i>Eucalyptus</i> sp. E <i>Corymbia</i> sp. | 23 |
| 4.3.1 | Propagação vegetativa | 24 |
| 4.4 | FATORES QUE INFLUENCIAM NA PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS, SOBREVIVÊNCIA E ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS | 25 |
| 5 | MATERIAL E MÉTODOS | 29 |
| 5.1 | LOCAL DO ESTUDO | 29 |
| 5.2 | MINIJARDIM CLONAL..... | 29 |
| 5.3 | ESTUFIM | 31 |
| 5.4 | COLETA E PLANTIO DE MINIESTACAS..... | 31 |
| 5.5 | DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ATRIBUTOS AVALIADOS..... | 31 |
| 5.6 | ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 33 |
| 6 | RESULTADOS | 34 |
| 6.1 | VARIÁVEIS AMBIENTAIS | 34 |
| 6.2 | PRODUTIVIDADE..... | 35 |
| 6.3 | SOBREVIVÊNCIA DE MINIESTACAS..... | 37 |
| 6.4 | ENRAIZAMENTO | 39 |
| 6.5 | PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO (H ₂ O ₂) | 41 |
| 6.6 | ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON | 43 |
| 7 | DISCUSSÃO | 45 |
| 8 | CONCLUSÃO | 49 |
| 9 | REFERÊNCIAS | 50 |
| 10 | APÊNDICES | 55 |

1. INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas se tornou notável o aumento da preocupação referente aos recursos florestais naturais o que, conseqüentemente, levou a crescente utilização de produtos fabricados a partir de recursos florestais renováveis, como madeira e seus mais diversos derivados, de modo que os plantios florestais passaram a suprir as demandas industriais de base florestal, em substituição a matéria prima proveniente de florestas nativas (MOREIRA; SIMIONI; OLIVEIRA, 2017).

Em nível global, o Brasil é o maior produtor florestal e o segundo maior fabricante de papel e celulose, perdendo apenas dos Estados Unidos. Atualmente no país, a área com florestas plantadas representa cerca de 9 milhões de hectares, sendo que desses, aproximadamente, 77% são de povoamentos florestais com espécies do gênero *Eucalyptus*, plantados para fins comerciais e industriais (IBÁ, 2020).

Os plantios florestais brasileiros estão distribuídos por todo o território nacional, sendo predominantemente de espécies do gênero *Eucalyptus*, os quais se localizam principalmente nas regiões sudeste e centro oeste. Na região sul, nos estados do Paraná e Santa Catarina predomina os plantios de pinus e, no Rio Grande do Sul, de *Eucalyptus*. Estes plantios têm por finalidade a produção, principalmente, de celulose e papel, carvão vegetal, painéis de madeira, pisos laminados e produtos sólidos de madeira (IBÁ, 2020).

A implantação de extensas áreas de povoamentos florestais de espécies exóticas, principalmente do gênero *Eucalyptus*, propiciou benefícios a diferentes setores brasileiros. Dentre esses pode-se destacar o aumento da conservação de matas nativas (VECHI; JÚNIOR, 2018), número de empregos gerados, sendo cerca de 3,8 milhões diretos e indiretos no setor florestal, além da expressiva participação no produto interno bruto (PIB) do país (IBÁ, 2020).

Dentre os principais fatores que influenciam o aumento nas taxa de áreas reflorestadas com os gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* destaca-se o elevado desenvolvimento quando comparado com espécies nativas, maior qualidade de madeira, bem como, seus usos múltiplos. Outra característica que está diretamente relacionada ao sucesso de plantios florestais desses gêneros é a possibilidade de propagação vegetativa (BÔAS; MAX; MELO, 2009). Além disso, na região sul do país algumas espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* apresentaram desenvolvimento favorável (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS; FERRREIRA, 2006).

Para atender à crescente demanda de áreas de florestas plantadas, surge a necessidade de aumentar a produção de mudas de qualidade. Há alguns anos, a técnica de produção de mudas mais empregada por empresas para espécies do gênero *Eucalyptus* é a miniestaquia (BENIN; PERES; GARCIA, 2013). O emprego dessa técnica proporcionou maiores índices de enraizamento, redução do tempo total da formação da muda, melhoria na qualidade das mesmas e maior desempenho quando submetidas ao plantio a campo, apesar de que algumas espécies apresentam recalcitrância ao enraizamento (ALFENAS et al., 2009) dificultando a propagação vegetativa das mesmas. Conseqüentemente, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos para aumentar esses índices. Dentre esses, pesquisas relacionadas com a utilização de estufim alocado sobre o minijardim clonal, visando maximizar a produção de miniestacas por minicepas (BATISTA et al., 2015; BRONDANI et al., 2012).

Os resultados das pesquisas com o estufim demonstraram a eficácia do seu uso na produção de mudas, como uma maior produtividade de minicepas, além de promover o aumento nas taxas de sobrevivência e enraizamento das minicepas dos gênero *Corymbia* (ASSIS, 2014), *Eucalyptus* spp. (BATISTA et al., 2015; OLIVIERA, 2016) e de outras espécies de interesse econômico como *Acacia mearnsii* De Wild. (ENGEL et al., 2018) e *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. (PEREIRA et al., 2019b).

Algumas espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* apresentam recalcitrância ao enraizamento de miniestacas, resultando em dificuldades para a produção de mudas e formação de povoamentos florestais de tais espécies. Desse modo, faz-se necessário aumentar estudos relacionados a contornar ou minimizar os efeitos da recalcitrância

Quando clones apresentam baixas taxas de enraizamento, os mesmos tendem a não ser usados para programas operacionais das empresas reflorestadoras, considerando o maior custo de produção de mudas. Assim, as empresas tendem a investir em novas tecnologias objetivando a operacionalização dos clones de interesse.

A produtividade de minicepas é indicativo da viabilidade de propagação vegetativa de determinado clone, pois determina uma estimativa de mudas que poderão ser produzidas a partir das minicepas disponíveis (ROCHA et al., 2015), refletindo diretamente na quantidade de mudas que podem ser produzidas pelo viveiro (FERNANDES et al., 2018).

Os fatores climáticos são os principais reguladores da produção de miniestacas, bem como da sobrevivência e enraizamento, os quais precisam ser compreendidos e entendidos conforme a demanda de cada material genético. Dentre esses destacam-se a

temperatura, umidade relativa do ar e fotoperíodo. Fatores nutricionais e hídricos também influenciam diretamente a produção de mudas via propagação vegetativa (ALFENAS et al., 2009; DE ALMEIDA et al., 2017).

Em regiões extratropicais, a sazonalidade torna-se outra variável de múltiplas associações, pois varia consideravelmente ao longo do ano, exigindo manejos diferenciados em diferentes ocasiões. Brondani et al. (2012) estudando a relação da sazonalidade com a produtividade de minicepas, verificaram que os maiores índices de produtividade ocorreram na estação mais quente. Porém, estudos relacionados com os índices de sobrevivência e enraizamento, demonstram que as maiores taxas destes índices são verificadas nas estações mais frias do ano, para espécies do gênero *Eucalyptus* (BRONDANI et al., 2010), o mesmo ocorrendo para outras espécies florestais de interesse econômico (CASARIN et al., 2017; PIMENTEL et al., 2019; PIRES et al., 2015). Desse modo compreender quais os fatores e seus níveis (ex. temperatura, UR, luz) que são mais restritivos a produção, e aqueles que reduzem a sobrevivência e enraizamento, possibilitará ampliar informações ao cultivo de materiais genéticos promissores.

2. HIPÓTESES

- I. A utilização do estufim proporciona o aumento da produtividade de minicepas de clones do *Eucalyptus saligna* e do híbrido *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora* nas diferentes estações do ano.
- II. As miniestacas de *Eucalyptus saligna* e *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora* produzidas em ambientes com a presença de estufim apresentam maiores taxas de enraizamento.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Estudar os efeitos que diferentes manejos do minijardim clonal apresentam sobre os índices de produtividade de minicepas, sobrevivência e enraizamento de miniestacas, associado à qualidade fisiológica de minicepas de clones dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia*, nas diferentes estações do ano.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Verificar o efeito do estufim na produtividade de minicepas de clones de *Eucalyptus saligna* e *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora* nas quatro estações climáticas.
- II. Avaliar o efeito de diferentes manejos do minijardim clonal sobre a sobrevivência e o enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus saligna* e *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora* nas diferentes estações do ano.
- III. Avaliar o efeito do estufim sobre aspectos fisiológicos no pré-condicionamento de clones de *Eucalyptus saligna* e *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora* em condição sazonal.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 O GÊNERO *Eucalyptus*

Pertencente à família Myrtaceae, o gênero *Eucalyptus*, derivado do grego “verdadeira cobertura”, possui mais de 600 espécies descritas, sendo que quase todas são originárias da Austrália (QUEIROZ; BARRICHELLO, 2007), exceto o *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e o *Eucalyptus deglupta* Blume, que são nativos da Indonésia e Nova Guiné, respectivamente (FONSECA et al., 2010). As mais variadas espécies pertencentes a esse gênero se apresentam tanto em florestas tropicais, quanto em florestas subtropicais, demonstrando a sua importância para a silvicultura mundial (MARCHIORI; SOBRAL, 1997).

As diferentes espécies do gênero foram introduzidas no Brasil, em 1904, devido a sua alta capacidade de adaptação edafoclimática e as suas diferentes possibilidades de uso, principalmente madeireiro (FREITAS JUNIOR; MARSON; SOLERA, 2012; MORA; GARCIA, 2000), tornando-se as espécies mais importantes para o setor florestal brasileiro (LONGUE JÚNIOR; COLODETTE, 2013).

Segundo Queiroz e Barrichello (2007) as diferentes espécies do gênero foram implantadas no país para atender a demanda de dormentes para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Porém, apenas em 1966, as áreas plantadas com o gênero *Eucalyptus*, apresentaram crescimento significativo, devido à criação da lei dos incentivos fiscais (LEITE; GARCIA, 2015; SOUSA et al., 2010; JÚNIOR; SANTAROSA; GOULART, 2014), a qual beneficiava com a redução de 50% do imposto de renda, pessoas físicas ou jurídicas que destinassem áreas para florestamento ou reflorestamento (BRASIL, 1966).

Dada suas características e importância, é o gênero mais plantado no mundo, (ALFENAS et al., 2009), com aproximadamente 14 bilhões de hectares (BERTOLA, 2013), sendo que o Brasil possui cerca de 7,7 milhões de hectares de povoamentos florestais com as mais diversas espécies do gênero, plantados para atender principalmente a demanda da indústria de celulose e papel, madeira serrada, carvão vegetal, entre outros (IBÁ, 2020).

Além disso, em função da grande possibilidade de usos, o eucalipto passou a ser uma alternativa para conservação de áreas de florestas nativas, visto que com a implementação da cultura, reduziu-se a supressão de espécies nativas demandadas pela indústria madeireira (BERTOLA, 2013; VECHI; JÚNIOR, 2018).

No Brasil as áreas plantadas com o gênero *Eucalyptus* estão situadas principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, liderando o ranking de produtividade florestal e segundo maior produtor mundial de celulose, perdendo apenas dos Estados Unidos, sendo que 70% da celulose produzida nacionalmente é destinada para a exportação. Atualmente esse setor é responsável pela geração de milhares de empregos diretos e indiretos, contribuindo significativamente para o PIB brasileiro (IBÁ, 2020).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS GENÉTICOS

4.2.1 *Eucalyptus saligna* Smith

A espécie é classificada como de grande porte, podendo atingir, quando adulta, 55 metros de altura e 180 cm de diâmetro a altura do peito (DAP). Originário do sul da costa leste da Austrália, apresenta desenvolvimento desejável em regiões de até 1.200 metros de altitude e com precipitações regulares (MARCHIORI; SOBRAL, 1997; PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS; FERREIRA, 2006).

Estudos indicam que a espécie pode ser plantada em regiões que apresentam clima tropical ou subtropical, com tolerância a estações frias (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS; FERREIRA, 2006). Além disso, por apresentar bom incremento em altura e diâmetro, é amplamente recomendada para a formação de povoamentos florestais (BÔAS; MAX; MELO, 2009). Segundo Bertola (2013) o *E. saligna* é a segunda espécie do gênero mais cultivada no país, perdendo apenas do *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Por apresentar baixa densidade de madeira aos sete anos (480 kg m^{-3}), é indicada para fins industriais, principalmente para fabricação de papel e celulose (FILHO; SANTOS, 2013).

Devido às características positivas que a espécies apresenta, além da gama de usos da madeira, estudos são realizados visando a melhoria da propagação da espécie bem como o aumento da qualidade de mudas. Batista et al. (2015) demonstraram que uma das possibilidades de atingir tais melhorias, é a utilização do estufim no ambiente do minijardim clonal, o qual pode induzir o aumento da produtividade da minicepas bem como a qualidade das miniestacas. Deste modo, tende a promover o aumento da qualidade final das mudas bem como a qualidade dos povoamentos.

4.2.2 *Corymbia torelliana* (F. Muell.) K. D. Hill & L.A.S. Johnson x *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L.A.S. Johnson

Corymbia torelliana apresenta algumas características importantes para o sucesso em plantios florestais no Brasil, destacando-se a resistência às pragas (como a vespa-dagalha) e geadas, além do rápido crescimento (ASSIS, 2014). Conforme Lorenzi et al. (2003) a espécie é utilizada para fins ornamentais, devido as suas características, principalmente de copa e tronco, além de apresentar potencial para os mais diversos usos madeiráveis.

Na propagação vegetativa, a espécie apresenta índice de enraizamento de, aproximadamente, 30%, sendo maior quando comparada com demais espécies do mesmo gênero, fato que leva a mesma a ser utilizada como genitor feminino em programas de hibridação (REIS et al., 2014).

Corymbia citriodora é destinada a múltiplos usos. Sua madeira pode ser utilizada na construção civil, produção de móveis e para fins energéticos. O extrato proveniente de sua casca e folhas é empregado para a fabricação de produtos utilizados na medicina, pelas propriedades antibacterianas e gastro protetoras (ADENIYI; ODUFOWOKE; OLALEYE, 2006), podendo ser utilizado ainda pela indústria alimentícia, farmacêutica e de produtos de limpeza (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS; FERRREIRA, 2006). Além disso, o plantio é indicado para sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta (MELOTTO et al., 2019).

Em decorrência do baixo índice de enraizamento apresentado por esta espécie, menor que 5%, os povoamentos florestais de *C. citriodora* ainda são provenientes de mudas produzidas via seminal (REIS et al., 2013), porém a espécie apresenta altas taxas de sobrevivência quando submetida em situação de plantios a campo (BÔAS; MAX; MELO, 2009).

Os híbridos do gênero *Corymbia* surgem como uma importante opção para os mais diversos setores de produção florestal, principalmente pelas suas características como alta resistência a pragas e doenças (ASSIS, 2014). O mesmo autor ainda ressalta que híbridos de *Corymbia* podem apresentar maior qualidade da madeira e maior resistência a ventos, bem como a tolerância a déficits hídricos (ASSIS; ABAD; AGUIAR, 2015), o que tem influenciado empresas florestais a aumentarem as pesquisas relacionadas a este gênero.

Alguns estudos têm demonstrado a alta eficiência na produtividade de celulose a partir de fibras provenientes do gênero *Corymbia*, além do carvão vegetal de maior qualidade (ASSIS, 2014), motivo pelo qual, pesquisas vem sendo desenvolvidas para a produção de mudas via propagação vegetativa, com o objetivo de ampliar os povoamentos florestais com esse gênero.

Pesquisas demonstram que híbridos desse gênero apresentam alto crescimento e maior densidade da madeira, sendo a do híbrido *C. torelliana* x *C. citriodora* cerca de 640 kg m⁻³ aos sete anos de idade e incremento médio anual (IMA) maior que 40 m³/ha/ano (ASSIS, 2014). O mesmo autor ainda relata que com a possibilidade da hibridação, a produção de mudas do gênero *Corymbia* por propagação vegetativa se tornou realidade, devido ao aumento nas taxas de enraizamento obtidas. Para clones em que *C. torelliana* foi utilizado como genitor feminino, as taxas de enraizamento obtidas foram acima de 40%.

4.3 SILVICULTURA CLONAL DE *Eucalyptus* sp. E *Corymbia* sp.

Inicialmente a produção de mudas em larga escala era realizada por meio de sementes, como consequência gerava povoamentos heterogêneos e com baixa qualidade (FREITAS et al., 2006; DIAS et al., 2012). O melhoramento genético e a silvicultura clonal do gênero *Eucalyptus* teve início no Brasil no século XX, com o pesquisador Navarro de Andrade (ASSIS; ABAD; AGUIAR, 2015), onde as técnicas de clonagem passam a apresentar enorme importância para o setor florestal, estando presente na grande maioria dos plantios florestais (ASSIS, 2011).

De acordo com Santos et al. (2013) a hibridação de espécies do gênero *Eucalyptus* gerou um aumento significativo na produção de madeira, sendo que por meio da clonagem se tornou possível a multiplicação em grande escala de indivíduos. A propagação do gênero *Eucalyptus* ocorreu devido a sua importância econômica, adaptação edafoclimática e da ampla possibilidade de usos de sua madeira (SANTOS et al., 2013).

Porém, o baixo índice de enraizamento obtido para as diferentes espécies dos gêneros *Corymbia* e *Eucalyptus*, tem dificultado a obtenção dos benefícios proporcionados pelas técnicas de clonagem e hibridação, motivo pelo qual, a comunidade científica e empresas do setor florestal tem investido em pesquisas com esses gêneros.

4.3.1 Propagação vegetativa

A propagação vegetativa tem como objetivo principal produzir plantas que possuem características desejáveis, que não são possíveis ou viáveis de propagar via sementes (BEYL, 2014). Indivíduos propagados vegetativamente apresentam apenas variações fenotípicas, sendo que as genotípicas ficam inalteradas (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013b).

A clonagem de material selecionado apresenta diversas vantagens sobre indivíduos propagados sexuadamente, principalmente a possibilidade de reduzir problemas com doenças, bem como aumentar a homogeneidade e a produtividade de povoamentos florestais (XAVIER; SILVA, 2010), motivos pelos quais tem sido amplamente utilizada em programas de melhoramento genético (VALERI et al., 2012) por diversas empresas do setor florestal brasileiro, para a produção em larga escala de mudas. Mafia et al. (2005) relacionam aspectos importantes a serem considerados para obtenção de sucesso na propagação vegetativa de espécies florestais, entre esses a produtividade de minicepas e o enraizamento de miniestacas coletadas.

A propagação vegetativa via técnica de miniestaquia, é realizada por meio de clones já selecionados, implantados em minijardim clonal. O minijardim clonal é definido como uma área de multiplicação vegetativa que consiste em um conjunto de minicepas com o objetivo de fornecer material vegetal para a produção de mudas (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013b). Esta estrutura em canteiro suspenso apresenta areia como principal constituinte do substrato, onde as minicepas são fertirrigadas por sistema de gotejamento, sendo denominado sistema semi-hidropônico (KONZEN; BERGONCI; BRONDANI, 2018), sendo o sistema mais utilizado pelos viveiros florestais (ALFENAS et al., 2009).

Para obtenção da máxima produção de miniestacas aptas ao enraizamento, é fundamental realizar o manejo adequado das minicepas. Essas devem ter altura máxima de 10 cm, sendo realizada a poda de rebaixamento para minicepas com altura superior, visto que miniestacas coletadas próximo à base apresentam maior potencial de enraizamento (ALFENAS; et al., 2009).

A miniestaquia é considerada como uma variação da estaquia convencional, sendo desenvolvida para espécies florestais, a partir da década de 90 (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013a). Essa técnica consiste em fazer a coleta de brotações provenientes de materiais já selecionados para a produção de mudas (FERRARI; GROSSI; WENDLING,

2004). As miniestacas aptas ao enraizamento devem ser confeccionadas com comprimento entre 4 a 8 cm, contendo um a dois pares de folhas, as quais em algumas operações têm a sua área foliar reduzida a 50% (KONZEN; BERGONCI; BRONDANI, 2018).

Esta técnica proporciona a diminuição de alguns problemas relacionados com a propagação vegetativa de diversos clones, principalmente em aspectos relacionados ao enraizamento e qualidade de mudas (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013a), levando a ser a técnica mais utilizada para produção de mudas do gênero *Eucalyptus* (ALFENAS et al., 2009; ALMEIDA, 2006; BRONDANI et al., 2012).

Conforme Alfenas et al. (2009), a utilização da miniestaquia proporcionou aumentos consideráveis, em média 20%, no enraizamento em relação à técnica de estaquia. Esses autores ainda destacam que essa técnica proporciona melhor desenvolvimento radicular, refletindo diretamente na qualidade das mudas a serem utilizadas para a formação de povoamentos florestais, bem como no seu desenvolvimento e produção.

Outros fatores importantes obtidos a partir da utilização da miniestaquia são a diminuição da área de jardim clonal, passando a ser denominada minijardim clonal e, assim, o maior controle de patógenos e nutrição, aumento da produtividade por área e maior uniformidade das miniestacas coletadas, além de obtenção de maiores taxas de enraizamento do material vegetal coletado (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000).

Desse modo, a miniestaquia possibilitou a produção de mudas em grande escala (DIAS et al., 2012) e por consequência, o aumento dos plantios clonais por todo o território nacional (BATISTA et al., 2014). Apesar de ser uma técnica recente e com carência de estudos, é promissora com potencial favorável ao enraizamento e, conseqüentemente, para produção de mudas de qualidade elevada (FERRIANI; ZUFFELLATO-RIBAS; WENDLING, 2010), estimulando ainda mais a cadeia florestal nacional.

4.4 FATORES QUE INFLUENCIAM NA PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS, SOBREVIVÊNCIA E ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS

A produtividade das minicepas é variável de acordo com o material genético e o sistema de minijardim adotado pelo viveirista, bem como a fatores ambientais como

umidade relativa do ar, temperatura, intensidade luminosa (ALFENAS et al., 2009), bem como a sazonalidade (PIMENTEL et al., 2019). Autores afirmam que a produtividade média do minijardim clonal pode alcançar de 10.000 a 12.000 miniestacas/m²/ano (ALFENAS et al., 2009).

Cunha et al. (2009b) verificaram que o aumento da intensidade luminosa associado à diminuição da umidade relativa do ar favoreceu a maior da produção de miniestacas. Pimentel et al. (2019) observaram maior produtividade de minicepas de clones de *Ilex paraguariensis* St. Hil. (erva-mate) nas estações mais quentes, comprovando a influência da sazonalidade. Demais estudos relacionados com a produtividade de minicepas demonstram respostas semelhantes para *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* (BRONDANI et al., 2012) e *Piptocarpha angustifolia* *Piptocarpha angustifolia* Dusén ex. Malme (FERRIANI et al., 2011).

O enraizamento é um processo anatômico e fisiológico complexo podendo ser influenciado por fatores fisiológicos e genéticos (ALFENAS et al., 2009). As raízes, por sua vez, são responsáveis pela absorção de água e nutrientes, tendo como principal função proporcionar a sustentação da planta (GREGORY, 2006; TRIGIANO; FRANKLIN; GRAY, 2014). Consequentemente, a qualidade do enraizamento das miniestacas é importante para a formação de mudas com características adequadas o plantio, refletindo no sucesso da implantação de povoamentos florestais.

Hartmann et al. (2014) destacaram que o enraizamento ocorre em quatro etapas: a primeira refere-se à diferenciação celular, a segunda é referente à formação inicial das raízes, em seguida ocorre o seu desenvolvimento e, por fim a emergência e crescimento radicular. Os mesmos autores ainda indicam a importância da área foliar na indução do enraizamento, pois as folhas são armazenadoras de carboidratos importantes para fase de desenvolvimento radicular. Além disso, as folhas são produtoras de auxinas, as quais têm efeitos na indução do enraizamento.

Segundo Burin et al. (2018) o índice de enraizamento reflete no potencial das mudas a serem produzidas pelo viveirista, bem como determina a probabilidade de determinado clone ser multiplicado vegetativamente pela técnica de miniestaquia. Desse modo, esse índice pode ser utilizado para projetar a produção do viveiro por determinados períodos, principalmente para épocas em que é realizado o plantio a campo de mudas de espécies florestais.

Além disso, outros fatores interferem no enraizamento, os quais são classificados como abióticos e endógenos. O primeiro grupo está relacionado com os fatores

ambientais, em que os propágulos são dispostos, como a variação da temperatura, disponibilidade hídrica, luminosidade e nutrição (HARTMANN et al., 2014; TAIZ et al., 2017). Conseqüentemente, a estação do ano (sazonalidade) exerce influência sobre as condições fisiológicas da planta-matriz (minicepas) e no enraizamento (FACHINELLO et al., 2005).

Entre os principais fatores ambientais que influenciam a sobrevivência, enraizamento e desenvolvimento de mudas produzidas via miniestaquia estão a temperatura e a umidade relativa do ar (BRONDANI et al., 2012; CUNHA et al., 2009b).

Estações com temperaturas mais amenas apresentam maiores índices de enraizamento, enquanto estações com temperaturas mais elevadas promovem maior produtividade de minicepas e reduzem as taxas de enraizamento (BRONDANI et al., 2012; FERRIANI et al., 2011). Nesse sentido, para aumentar o índice de enraizamento, as miniestacas devem ser acondicionadas em casas de vegetação, onde a umidade relativa do ar seja, aproximadamente, de 80% e a temperatura constante (CALDEIRA et al., 2015). A umidade relativa do ar mantém a turgidez das células, o que é necessário, pois a perda de turgidez provoca a diminuição da taxa de enraizamento das miniestacas (BATISTA et al., 2014).

Na última década o estufim, também conhecido como minitúnel, tem sido utilizado com o objetivo de modificar o microclima, consistindo em uma estrutura de mini estufa (túnel de 50 cm de altura) alocada sobre o minijardim clonal. Alguns estudos demonstraram que as miniestacas coletadas em minijardim, com a presença do estufim, apresentaram uma maior taxa de enraizamento aos 40 dias, assim como maior altura das mudas produzidas a partir das miniestacas em clones de eucalipto (ROCHA, 2019).

Estudos com híbridos dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* e outras espécies de interesse econômico como *Acacia mearnsii* De Wild. e *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl., demonstram a eficácia da estrutura para aumentar fatores como a produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas (ASSIS, 2014; BATISTA et al., 2015; ENGEL et al., 2018; PEREIRA et al., 2019a).

Tais variáveis são potencializadas ao longo do ano, influenciadas pelo clima sazonal. A época de coleta do material para propagação vegetativa influencia na emissão de raízes e desenvolvimento radicular, sendo que as espécies possuem diferentes épocas para a realização da coleta (HARTMANN et al., 2014), o que demonstra a importância de estudos para a criação de calendários de coletas de material vegetal, buscando maiores taxas de enraizamento para as diferentes espécies.

Diversos estudos vêm sendo realizados visando identificar as épocas que proporcionam maior produtividade, maiores taxas de sobrevivência e enraizamento de miniestacas. Esses estudos evidenciam que as maiores produtividades de minicepas são observadas nas estações com temperaturas mais elevadas, enquanto os maiores índices de enraizamento são verificados nas estações mais frias (BRONDANI et al., 2012; FERRIANI et al., 2011; PIMENTEL et al., 2019; PIRES et al., 2015).

Os fatores endógenos são compostos de fatores químicos, como os reguladores vegetais, e fisiológicos, como a idade fisiológica da planta (HIGASHI; SILVEIRA, GONÇALVES, 2000). Portanto, outro fator que está relacionado ao enraizamento se refere a idade do propágulo. Quanto mais juvenil for o propágulo vegetativo, maior o sucesso de enraizamento do material vegetal, tanto em índice de enraizamento, quanto em qualidade de raiz (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013a), bem como o estado nutricional das minicepas, das quais são provenientes as miniestacas (CUNHA et al., 2009a).

Segundo Taiz et al. (2017), o estresse causado por variáveis ambientais pode acarretar modificações do metabolismo vegetal, podendo causar danos às proteínas, bem como a morte celular, entre essas estão um grupo de intermediários tóxicos, as espécies reativas ao oxigênio (EROs). O estresse oxidativo é provocado quando a produção de EROs na planta é superior à atividade do sistema antioxidante, podendo ocorrer quando há estresses provocados por fatores bióticos e abióticos (TABALDI, 2008).

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o qual é comumente formado no processo de fotorrespiração (BARBOSA et al., 2014), se caracteriza por ser antioxidante biológico que aceita as moléculas de EROs e as neutralizam. O H_2O_2 é catalisado por diversas enzimas, sendo decomposto em água e oxigênio, porém quando em excesso pode causar toxidez aos vegetais (TAIZ et al., 2017).

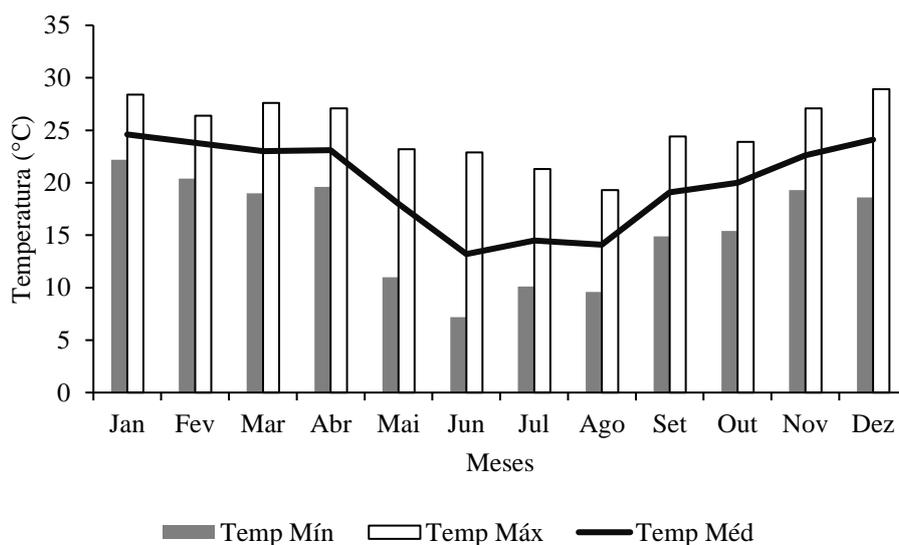
Essa enzima antioxidante, atua como sinalizadora de defesa de estresses bióticos e abióticos causados nos vegetais (SOARES; MACHADO, 2007). Este ainda participa de processos biológicos, entre eles, o fechamento estomático (PEI et al., 2000) e na aceleração de crescimento de raízes primárias e laterais (HERNÁNDEZ-BARRERA et al., 2015).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado no Viveiro Florestal da empresa CMPC – Celulose Riograndense, localizado no Horto Florestal Barba Negra, município de Barra do Ribeiro – RS (30°20'33.63"S, 51°14'42.29"O). Segundo a classificação de Köppen o clima no local é subtropical úmido (Cfa) com temperatura média anual entre 18 a 20 °C (ALVARES et al., 2013). No ano da realização da pesquisa, o mês mais quente (janeiro) apresentou uma temperatura média de 24,6 °C e o mais frio (junho) 13,2 °C, fora do ambiente da casa de vegetação (Figura 1).

Figura 1 - Temperaturas mensais do ano de 2018 para o município de Barra do Ribeiro, RS



Fonte: INMET.

5.2 MINIJARDIM CLONAL

O minijardim clonal foi construído sobre canteiro de alvenaria localizado em casa de vegetação com teto retrátil. O plantio das mudas para condução em cepas foi realizado em julho de 2017 em substrato areia, sendo o mesmo realizado em duas linhas de plantio, contendo 8 minicepas cada. Na ocasião foram utilizados dois clones: *Eucalyptus saligna* e o híbrido de *Corymbia torelliana* x *Corymbia citrodora*. O plantio das minicepas foi

realizado de forma aleatória, distribuídos em seis repetições com duas condições de manejo (com e sem cobertura por estufim). Para o clone comercial *E. saligna* totalizou 72 minicepas por repetição, enquanto para o híbrido *C. torelliana* x *C. citrodora* apenas 8, devido ao número reduzido de material genético disponível.

As mudas do clone de *E. saligna* utilizadas para formação do minijardim, foram selecionadas, considerando aspectos de vigor e juvenilidade, de acordo com o padrão pré-definido pela Empresa ($H \cong 15,0$ cm). As mudas do híbrido *C. torelliana* x *C. citrodora* encontravam-se com maior porte ($H \cong 25$ cm) e perda das folhas da base devido ao maior tempo de permanência no viveiro. Após o plantio e estabelecimento inicial no minijardim clonal, as plantas de *E. saligna* foram podadas, a cerca de 4 cm da base (colo), enquanto as do híbrido foram inicialmente dobradas na mesma altura, mantendo-se a haste presa em um dos lados até a brotação e, então, retirada para condução da minicepa.

A irrigação do minijardim clonal foi realizada via estrutura de gotejamento, aplicada de três a quatro vezes ao dia, dependendo da variação de temperatura e umidade relativa de cada estação do ano. Além disso, foi fornecido $5 \text{ L m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ de solução nutritiva (Tabela 1) às minicepas, conforme utilizado pela Empresa. Na estação da primavera, ocorre uma redução na irrigação das minicepas, com o objetivo de reduzir a produtividade das mesmas.

Tabela 1 – Solução nutritiva fornecida ao minijardim clonal do Viveiro Florestal da CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS

| Fertilizante | Dosagem (mg L⁻¹) |
|-----------------------|------------------------------------|
| Nitrato de cálcio | 367,5 |
| Fosfato de monoamônio | 60,2 |
| Cloreto de potássio | 239,4 |
| Sulfato de magnésio | 113,6 |
| Quelato de ferro | 5,0 |
| Boro orgânico | 0,5 |
| Sulfato de manganês | 1,8 |
| Sulfato de cobre | 0,15 |
| Sulfato de zinco | 0,25 |

Fonte: Empresa CMPC – Celulose Riograndense.

5.3 ESTUFIM

O estufim foi construído sobre uma estrutura metálica, recoberta com filme plástico transparente com espessura de 1,5 milímetros, com dimensão de 20,0 m x 1,0 m x 0,6 m (comprimento, largura e altura), em um dos canteiros suspensos com minijardim clonal (Apêndice A).

Nas estações da primavera e outono, o estufim foi aberto pela manhã (8h30min.) e fechado à tarde (16 h). No inverno a abertura do estufim foi realizada às 9h30min. e fechada no mesmo horário das estações da primavera e outono. No verão, a abertura foi antecipada para às 8 h e o fechamento adiado para as 17 h, entretanto foi mantido aberto quando a temperatura nesses horários se manteve igual ou superior a 32 °C, evitando assim, o comprometimento das minicepas pelo calor excessivo. Desse modo, devido às altas temperaturas registradas no verão, o estufim permaneceu aberto por algumas noites.

5.4 COLETA E PLANTIO DE MINIESTACAS

Seis meses após a instalação do MJC, as miniestacas foram coletadas da porção apical das brotações, e confeccionadas com, aproximadamente, 8 cm de comprimento e realizada a redução da área foliar em 50%. Com o objetivo de manter a turgidez das miniestacas, após a coleta, foram mantidas em caixas térmicas até o momento do plantio, o qual foi realizado em tubetes de polipropileno (55 cm³), preenchidos com substrato a base de turfa de *Sphagnum* e vermiculita e adubação de base padrão da Empresa. Após, as bandejas foram alocadas em casa de enraizamento.

A irrigação na casa de enraizamento foi realizada via microaspersão. Para estacas de até 15 dias, a irrigação ocorria em intervalos de 10 minutos, sendo 30 segundos de irrigação com vazão de 150 mL/min em cada microaspersor. Para estacas com mais de 15 dias a irrigação foi realizada com intervalos de 20 minutos, com a mesma vazão utilizada para estacas recém-plantadas.

5.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ATRIBUTOS AVALIADOS

O experimento foi conduzido em delineamento blocos casualizados, em esquema com parcelas subdivididas, com dois tipos de manejo do minijardim na parcela principal

(com e sem estufim) e dois clones nas subparcelas (*Eucalyptus saligna* e *Corymbia torelliana* x *Corymbia citrodora*).

O monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar (UR%) foi realizado nos dois ambientes do minijardim (com e sem estufim). Para avaliação utilizou-se termohigrômetros (Datalogger - AK 174), instalados em ambos os ambientes estudados, registrando as variáveis ambientais durante todo o período de condução do experimento.

A produtividade das cepas foi monitorada durante todas as estações, com a contagem do número de miniestacas por metro quadrado em cada coleta, sendo consideradas na contagem todas as miniestacas aptas ao estaqueamento (2-3 pares de folhas e cerca de 8-11 cm de altura) (Apêndice B). Realizou-se o estaqueamento de 20 miniestacas por repetição, para ambos os clones avaliados no presente estudo.

Aos 30 dias após o plantio realizou-se a avaliação da sobrevivência, por meio de análise visual, considerando-se miniestacas vivas, as que apresentavam coloração verde e com turgidez. A porcentagem de sobrevivência das miniestacas (% SOB) foi determinada por meio da seguinte equação:

$$\% SOB = \frac{(ME \times 100)}{MV}$$

Onde: % SOB = Sobrevivência de miniestacas (%); ME = miniestacas estaqueadas; MV = miniestacas vivas.

A avaliação do enraizamento (%) foi realizada aos 45 dias após o estaqueamento, sendo consideradas enraizadas as estacas que estavam com presença de brotações axilares evidentes, sistema radicular visível na parte inferior do recipiente ou resistente à tentativa de retirada do recipiente. A porcentagem de enraizamento das miniestacas (% ENR) foi determinada por meio da seguinte equação:

$$\% ENR = \frac{(ME \times 100)}{MR}$$

Onde: % ENR = Enraizamento das miniestacas (%); ME = miniestacas estaqueadas; MR = miniestacas enraizadas.

Na avaliação da atividade de estresse oxidativo (H₂O₂) as amostras compostas por folhas coletadas nas minicepas centrais foram acondicionadas em envelopes de papel alumínio e imediatamente congeladas em nitrogênio líquido, até que pudessem ser armazenadas em ultra freezer a -80 °C, para posterior realização das análises.

Na determinação de espécies reativas de oxigênio (EROs), o conteúdo de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi determinado de acordo com Loreto e Velikova (2001),

utilizando-se 0,3 g de amostras de folhas homogeneizadas em 3 mL de 0,1% de ácido tricloroacético (w/v) após, o homogeneizado foi centrifugado a 12.000 x g por 10 minutos a 4 °C. Posteriormente, 0,5 mL do sobrenadante foi adicionado em 10 mM de tampão fosfato de potássio (pH 7,0) e 1 mL de KI (1M). A concentração de H₂O₂ do sobrenadante foi avaliada comparando suas absorvâncias a 390 nm com uma curva padrão de calibração. A concentração de H₂O₂ foi expressa como $\mu\text{mol g}^{-1}$ massa fresca.

5.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram verificados quanto às pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, pelo teste de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Quando as pressuposições não foram atendidas, realizou-se a transformação dos dados via BOX-COX. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise estatística e, quando verificada interação entre os fatores, efetuou-se o desdobramento das interações, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$), utilizando o pacote estatístico “ExpDes.pt” do software R (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2013).

Para verificar a existência de correlação entre as variáveis ambientais e as demais variáveis relacionadas à produção de mudas, foi realizada a Análise de Correlação de Pearson, onde: máxima correlação positiva é expressa pelo coeficiente $r = 1$ e máxima correlação negativa por $r = -1$.

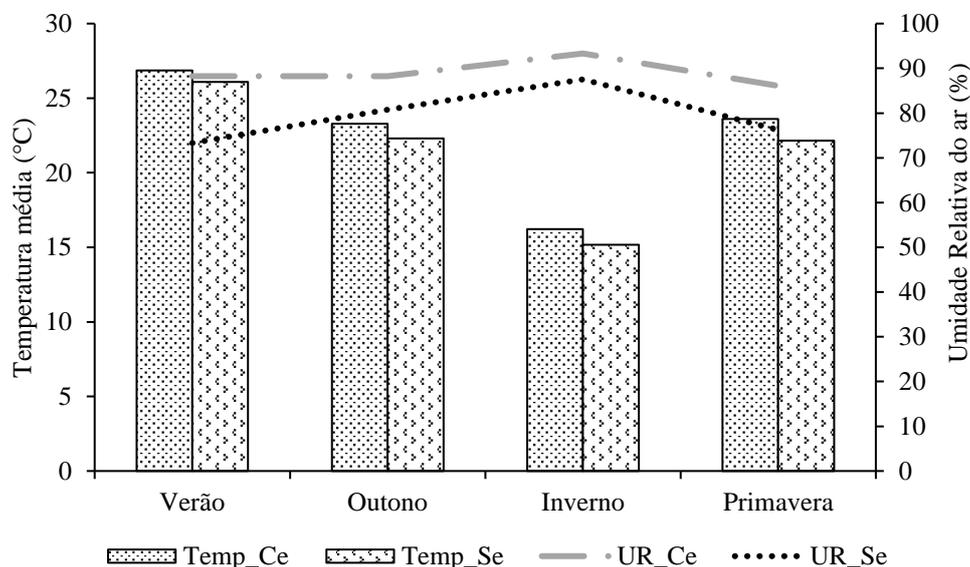
6. RESULTADOS

6.2 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Observamos que a estrutura do estufim proporcionou aumento nas variáveis ambientais (temperatura e umidade relativa do ar) nas quatro estações do ano (Figura 2). O estufim promoveu o aumento na temperatura de aproximadamente 1°C. Em ambiente com estufim, a temperatura variou de 16 a 27 °C entre a estação mais fria e mais quente, respectivamente (Figura 2).

A umidade relativa do ar sob o estufim teve incremento de 15 e 7% na estação mais quente e mais fria, respectivamente, a qual variou nessas estações de 80 a 90% (Figura 2). A maior variação da umidade relativa do ar foi observada no verão, onde o estufim proporcionou aumento de, aproximadamente, 15% da umidade. A menor variação foi verificada no inverno, onde o estufim promoveu aumento de 6% (Figura 2).

Figura 2 – Temperatura média e umidade relativa do ar no minijardim clonal no ano de 2018, com (Ce) e sem estufim (Se), Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS



Onde: Temp_Ce: temperatura em ambiente com estufim; Temp_Se: Temperatura em ambiente sem estufim; UR_Ce: umidade relativa do ar em ambiente com estufim; UR_Se: umidade relativa do ar em ambiente sem estufim.

Fonte: Autora (2021).

6.3 PRODUTIVIDADE

Para a variável produtividade de minicepas, verificamos interação significativa entre os atributos avaliados (ambientes x clones) nas estações do verão ($p = 0,0022$), inverno ($p = 0,00009$) e primavera ($p = 0,0015$) (Apêndice C).

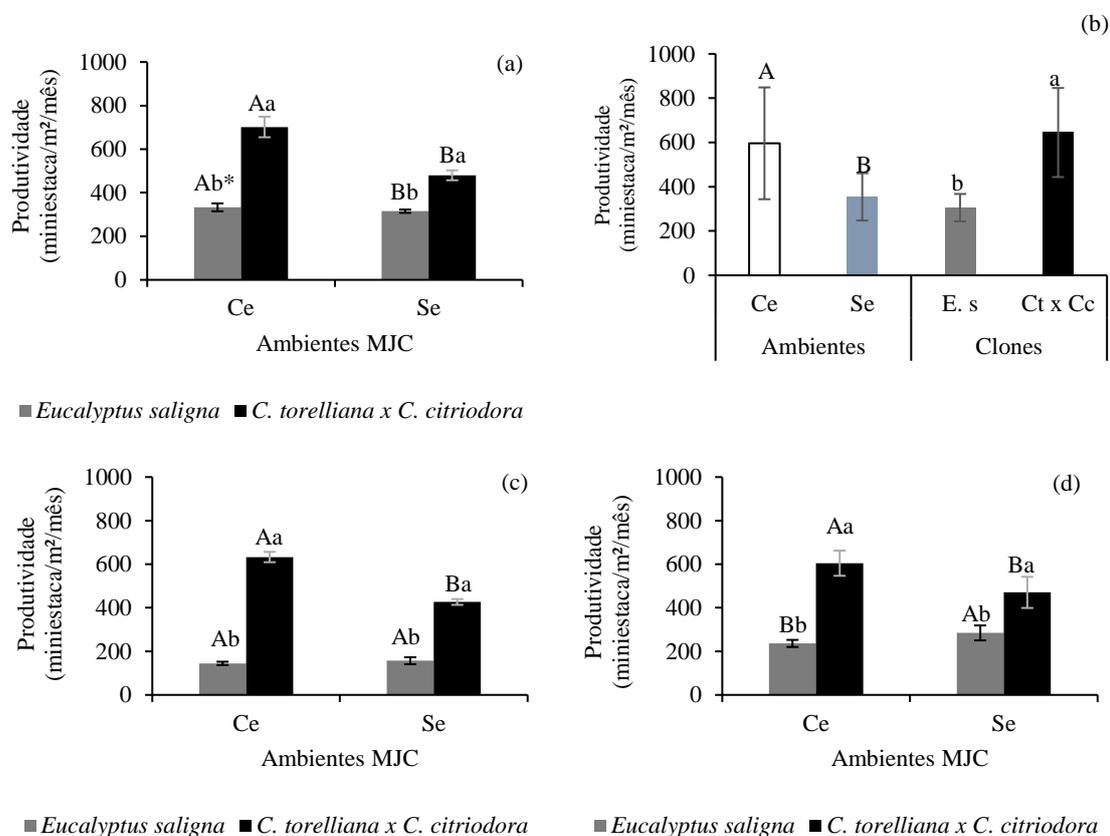
Observamos que nas estações do verão e inverno, os clones apresentaram comportamentos semelhantes. Nessas estações, o *C. torelliana* x *C. citriodora* foi mais produtivo em ambiente com a presença do estufim, com maior número de miniestacas produzidas na estação do verão (701,78 miniestacas m^{-2} mês $^{-1}$) em relação ao inverno (632,90 miniestacas m^{-2} mês $^{-1}$) (Figuras 3a e 3c).

Em contrapartida, o *E. saligna* apresentou diferenças em relação a produtividade de miniestacas nos diferentes ambientes no verão ao contrário do que é observado na estação do inverno. Porém, como verificado para o *C. torelliana* x *C. citriodora*, o *E. saligna* também apresentou maior número de miniestacas produzidas na estação com temperaturas mais elevadas (Figuras 3a e 3c).

No outono, verificamos apenas efeito significativo para os fatores isolados ($p = 0,0003$ e $p = 2,2 \times 10^{-16}$) para os ambientes e clones, respectivamente. Nessa estação, observou-se que o estufim promoveu o aumento da produtividade das minicepas (596,13 miniestacas m^{-2} mês $^{-1}$). Verificou-se também a maior produtividade de miniestacas para o clone *C. torelliana* x *C. citriodora* (644,83 miniestacas m^{-2} mês $^{-1}$), em relação ao *E. saligna* (305,67 miniestacas m^{-2} mês $^{-1}$). (Figura 3b).

Na primavera, diferentemente das demais estações, o *E. saligna* apresentou produtividade superior no ambiente sem o estufim (284,64 miniestacas m^{-2} mês $^{-1}$). Ao contrário desse, o *C. torelliana* x *C. citriodora*, apresentou maior produtividade de minicepas em ambiente com estufim (604,49 miniestacas m^{-2} mês $^{-1}$), semelhante ao verificado para as demais estações (Figura 3d). Observou-se também, que o *C. torelliana* x *C. citriodora* apresentou maior produtividade de minicepas em ambos os ambientes em relação ao *E. saligna* (Figura 3d).

Figura 3 – Produtividade de minicepas dos clones *E. saligna* e *C. torelliana* x *C. citriodora*, cultivadas em diferentes ambientes, nas estações verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) de 2018, no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS



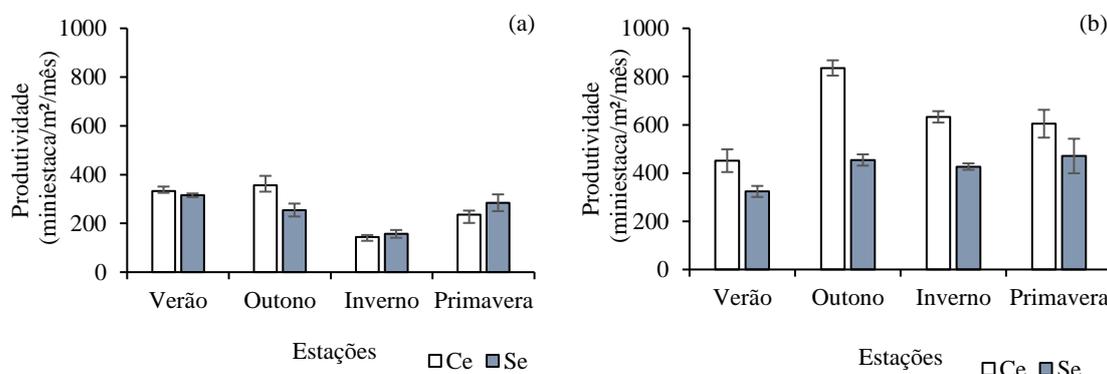
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (ambiente) e minúscula (clones) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Em que: Ce: com estufim; Se: sem estufim; E.s: *Eucalyptus saligna* e Ct x Cc: *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora*; MJC: Mini-jardim clonal.

Fonte: Autora (2021).

Analisando o clone de *E. saligna*, houve maior produtividade de minicepas nas estações do verão, outono e primavera, sendo superior a produtividade no inverno (Figura 4a). Além disso, na estação do outono, ocorreu aumento na produtividade em ambiente com a presença do estufim. Ao contrário, na primavera, o ambiente sem a presença do estufim, proporcionou aumento da produtividade das minicepas (Figura 4a). Observamos que em todas as estações o híbrido *C. torelliana* x *C. citriodora* mostrou-se superior ao clone *E. saligna* em relação a produtividade de minicepas (Figura 4b).

Para o híbrido *C. torelliana* x *C. citriodora*, observou-se que em todas as estações, o ambiente com presença do estufim promoveu o aumento da produtividade das minicepas, sendo mais expressivo no outono. Além disso, a menor produtividade, em ambos os ambientes, ocorreu no verão (Figura 4b), diferentemente do que foi observado para *E. saligna* (Figura 4a).

Figura 4 – Médias de produtividade de minicepas dos clones de *E. saligna* (a) e *C. torelliana* x *C. citriodora* (b) produzidas em diferentes ambientes nas quatro estações do ano, no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS



Em que: Ce: com estufim; Se: sem estufim.

Fonte: Autora (2021).

6.4 SOBREVIVÊNCIA DE MINIESTACAS

A sobrevivência de miniestacas foi influenciada apenas pelos fatores isolados, em todas as estações estudadas ($p > 0,05$). Do mesmo modo, verificou-se que nas estações do verão, outono e primavera, as taxas de sobrevivência de miniestacas para o clone *E. saligna* foram superiores às do *C. torelliana* x *C. citriodora* (Figuras 5a, 5b e 5d).

No verão, verificamos a maior taxa de sobrevivência de miniestacas do clone *E. saligna* (94,69%), sendo, aproximadamente 16% superior ao *C. torelliana* x *C. citriodora* (78,61%) (Figura 5a). Quanto ao fator ambiente, verificamos que não houve efeito significativo ($p = 0,233104$) para a sobrevivência de miniestacas (Apêndice D).

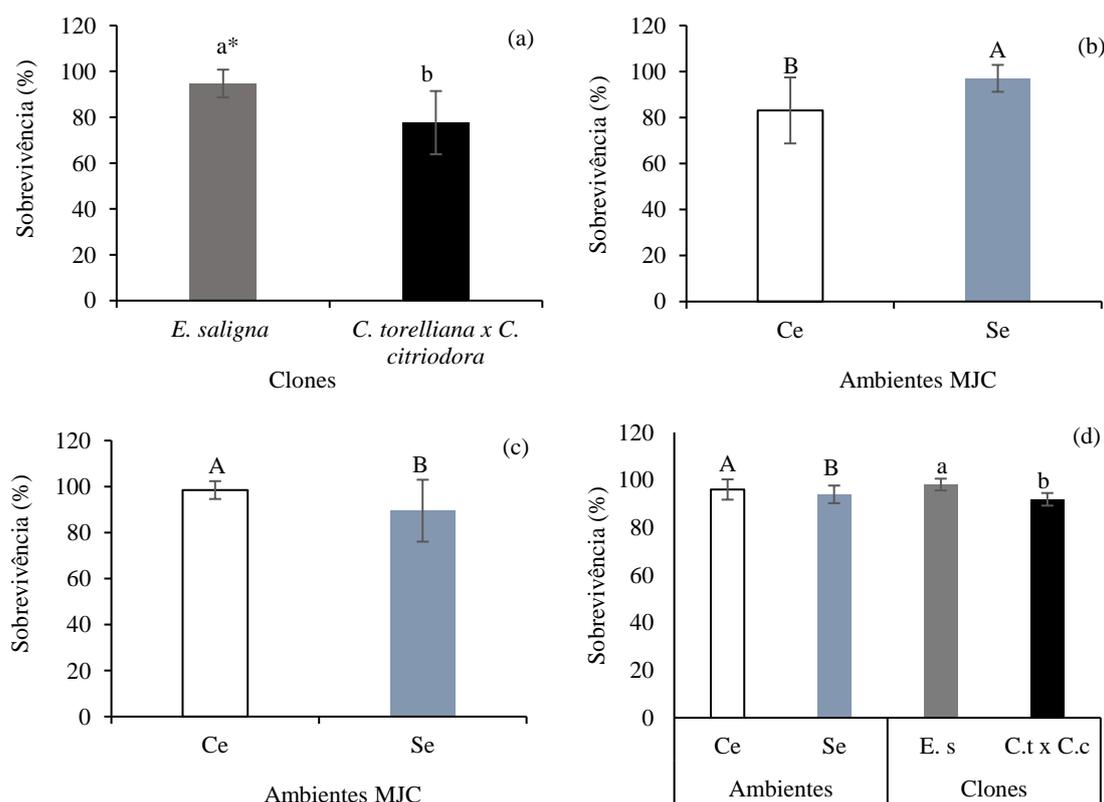
No outono verificamos que o ambiente sem a presença do estufim promoveu os maiores índices de sobrevivência, próximos a 100%, elevando em, aproximadamente, 14% a sobrevivência em relação ao ambiente com a presença do estufim (Figura 5b). Para o fator clones, não verificamos valores significativos ($p = 0,1208$) para a sobrevivência de miniestacas (Apêndice D).

Semelhante ao observado no outono, no inverno verificamos apenas efeito significativo para o fator ambiente ($p = 0,0308$). Nessa estação, os maiores índices de sobrevivência foram verificados em miniestacas coletadas em minijardim com a presença

do estufim (98,49%), sendo significativamente superior as coletadas em ambiente sem o estufim (89,52) (Figura 5c).

Na primavera, verificamos efeito significativo para o ambiente ($p = 0,0269$) e clones ($p = 6 \times 10^{-6}$). O ambiente com a presença de estufim proporcionou o aumento da sobrevivência de miniestacas (95,99%) em relação ao ambiente sem a presença do estufim (93,95%) (Figura 5d). O clone *E. saligna* apresentou índice de sobrevivência superior (98,07%) ao *C. torelliana* x *C. citriodora* (91,87%) (Figura 5d).

Figura 5 – Porcentagem de sobrevivência de miniestacas coletadas em clones de *E. saligna* e *C. torelliana* x *C. citriodora*, em diferentes ambientes, nas estações do verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) de 2018, no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS



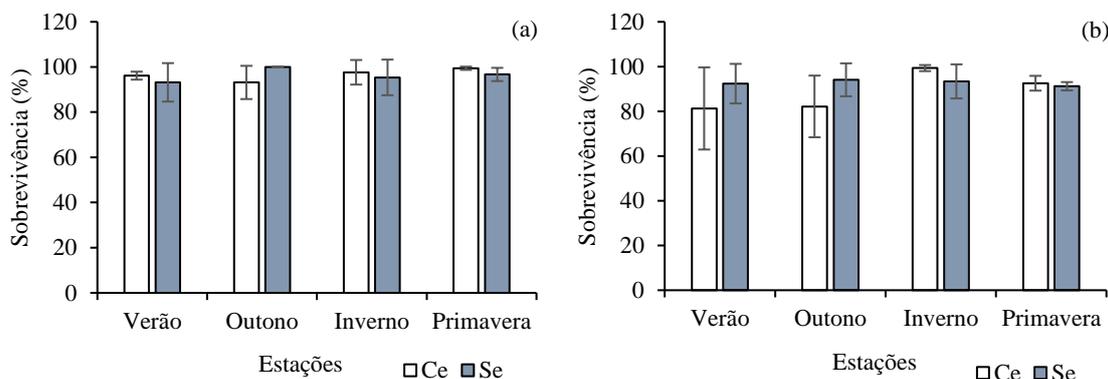
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (ambiente) e minúscula (clones) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Em que: Ce: com estufim; Se: sem estufim; E.s: *Eucalyptus saligna* e Ct x C.c: *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora*; MJC: Minijardim clonal.

Fonte: Autora (2021).

O *E. saligna* apresentou as maiores médias de sobrevivência em todas as estações do ano, sendo superiores a 90% para ambos os ambientes (Figura 6a). Em relação ao *C. torelliana* x *C. citriodora*, verificamos que as maiores taxas de sobrevivência ocorreram

no inverno para o ambiente com a presença de estufim, sendo que no verão e outono, a maior sobrevivência de minicepas foi sem a presença de estufim (Figura 6b).

Figura 6 – Médias de sobrevivência de miniestacas dos clones *E. saligna* (a) e *C. torelliana* x *C. citriodora* (b) produzidas em diferentes ambientes com estufim (Ce) e sem estufim (Se), nas quatro estações do ano no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS



Em que: Ce: com estufim; Se: sem estufim.

Fonte: Autora (2021).

6.5 ENRAIZAMENTO

Verificamos interação significativa para o atributo enraizamento nas estações do verão ($p = 0,0088$), outono ($p = 0,0187$) e primavera ($p = 0,0025$) (Apêndice E). Além disso, em todas as estações o clone *E. saligna* apresentou taxas de enraizamento significativamente superior ao *C. torelliana* x *C. citriodora* nos ambientes com e sem estufim.

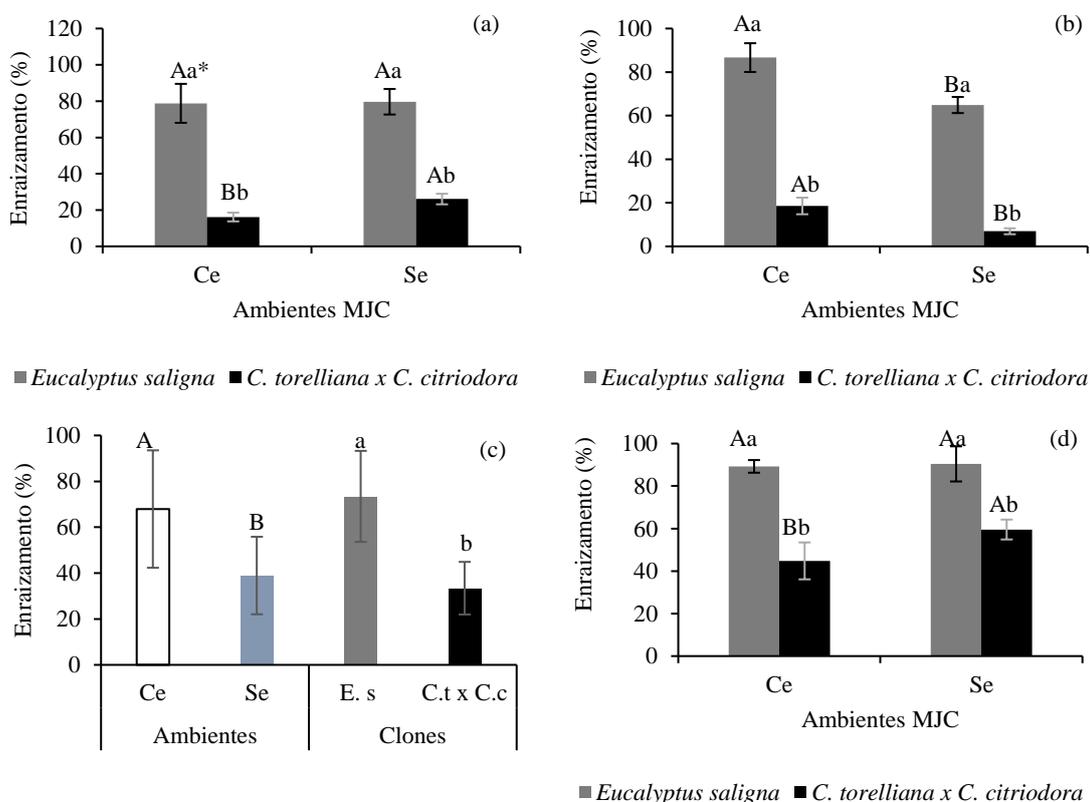
Na estação de maior temperatura (verão), não verificamos diferenças no enraizamento de miniestacas coletadas nos diferentes ambientes para o *E. saligna*, diferentemente ao observado para o *C. torelliana* x *C. citriodora*, em que as maiores taxas de enraizamento foram observadas sem o uso do estufim, o qual proporcionou aumento de 7% de enraizamento em relação aquelas provenientes do ambiente com estufim (Figura 7a).

No outono, o ambiente com estufim proporcionou o aumento do enraizamento para ambos os clones, diferindo significativamente do enraizamento no ambiente sem estufim, elevando em cerca de 12% de enraizamento de *C. torelliana* x *C. citriodora* e de 22% de *E. saligna* (Figura 7b).

No inverno, houve efeito significativo para os fatores isolados, ambiente ($p = 2 \times 10^{-6}$) e clones ($p = 2 \times 10^{-16}$) (Apêndice E) e estacas provenientes do ambiente com estufim, para ambos os clones, foram favorecidas. As miniestacas coletadas no minijardim com estufim apresentaram maiores médias de enraizamento (76,90%), proporcionando aumento de cerca de 40% em relação as coletadas de ambiente sem estufim (Figura 7c). O clone *E. saligna* apresentou as maiores taxas de enraizamento (73,42%), sendo superior 40% em relação ao *C. torelliana* x *C. citriodora* (Figura 7c).

Na primavera, observamos que o *E. saligna*, apresentou taxas de enraizamento iguais nos dois ambientes de minijardim clonal, sendo em média de 90%. Em contrapartida, para o *C. torelliana* x *C. citriodora*, o ambiente sem o estufim promoveu o aumento do enraizamento das miniestacas, sendo cerca de 15% superior ao ambiente com a presença do estufim (Figura 7d).

Figura 7 – Enraizamento de miniestacas de *E. saligna* e *C. torelliana* x *C. citriodora*, cultivados em diferentes ambientes, nas estações do verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) de 2018 no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS

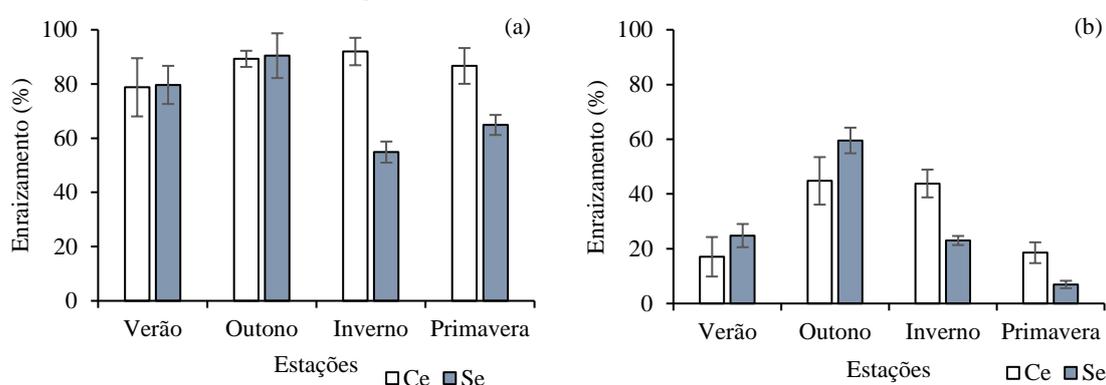


*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (ambiente) e minúscula (clones) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Em que: Ce: com estufim; Se: sem estufim; E.s: *Eucalyptus saligna* e Ct x C.c: *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora*; MJC: Minijardim clonal.

Fonte: Autora (2021).

Apesar das elevadas diferenças do enraizamento entre espécies, de modo geral para ambos os clones, o enraizamento é favorecido pelo pré condicionamento das minicepas sob estufim no período mais frio, entretanto essa estrutura é desnecessária no período mais quente, onde o enraizamento das miniestacas é favorecido pelo não acondicionamento das minicepas em minijardim clonal com estufim (Figuras 8a e 8b).

Figura 8 – Enraizamento de miniestacas de *E. saligna* (a) e *C. torelliana* x *C. citriodora* (b), produzidas em diferentes ambientes, com estufim (Ce) e sem estufim (Se), nas quatro estações do ano, no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS



Em que: Ce: com estufim; Se: sem estufim.

Fonte: Autora (2021)

6.6 PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO (H₂O₂)

Verificamos interação significativa (ambiente x clones) no verão ($\rho = 0,0002$), inverno ($\rho = 2,2 \times 10^{-16}$) e primavera ($\rho = 0,0474$). No outono houve apenas efeito significativo para o fator clone ($\rho = 4,7 \times 10^{-5}$) (Apêndice F).

No verão para o clone *E. saligna* observamos que a utilização do estufim reduziu as médias de peróxido de hidrogênio ($0,66 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MF}^{-1}$). No entanto, para o *C. torelliana* x *C. citriodora* não foi verificado diferenças entre os ambientes estudados. No ambiente com estufim as plantas de *E. saligna* apresentaram as menores médias de peróxido de hidrogênio, enquanto no ambiente sem estufim para o *C. torelliana* x *C. citriodora* também houve redução na concentração de H₂O₂ (Figura 9a).

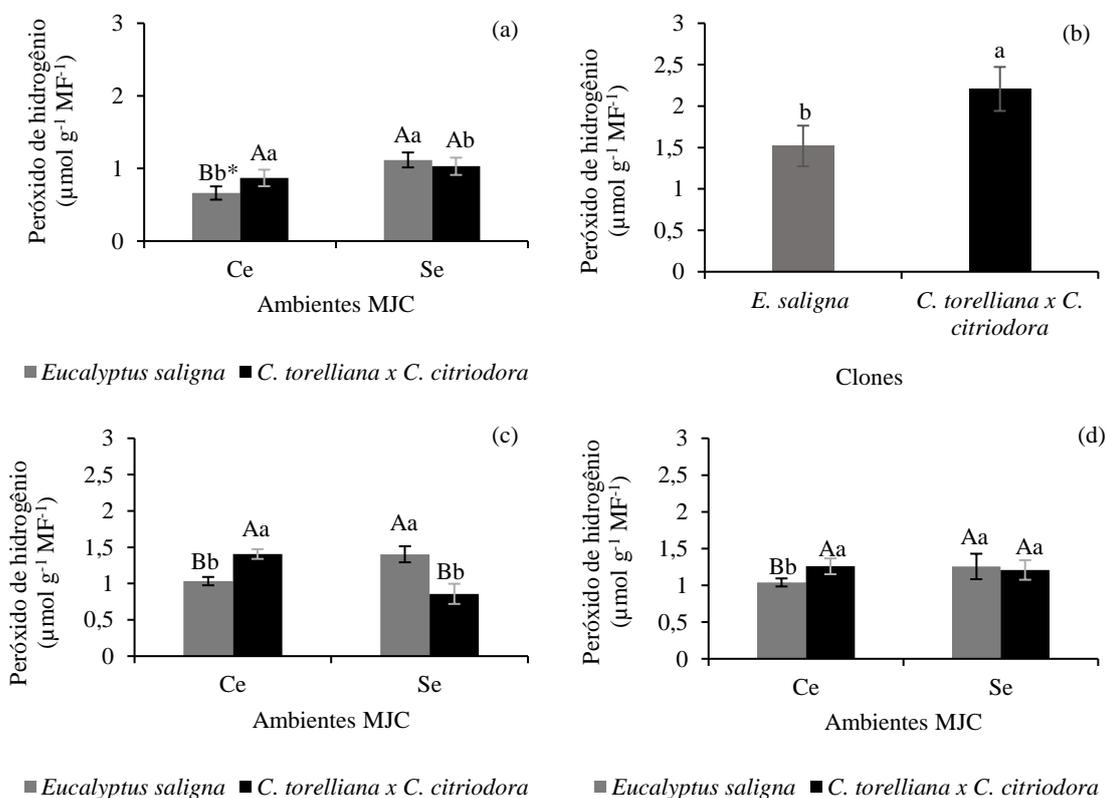
No outono, verificamos apenas efeito significativo para o fator clone ($\rho = 4,7 \times 10^{-5}$). Observamos que as maiores concentrações de peróxido de hidrogênio estavam

relacionadas ao clone *C. torelliana* x *C. citriodora* ($2,20 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MF}^{-1}$), diferindo significativamente do *E. saligna* ($1,51 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MF}^{-1}$) (Figura 9b).

No inverno, semelhante ao verão para o *E. saligna*, houve redução na concentração de H_2O_2 no minijardim com a presença do estufim, enquanto para o *C. torelliana* x *C. citriodora* o peróxido de hidrogênio aumentou (Figura 9c).

O *E. saligna* na estação primavera apresentou as menores concentrações de H_2O_2 em ambiente com estufim ($1,03 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MF}^{-1}$), para o *C. torelliana* x *C. citriodora* não houve diferença entre os ambientes estudados (Figura 9d).

Figura 9 – Médias de peróxido de hidrogênio em minicepas de *E. saligna* e *C. torelliana* x *C. citriodora*, cultivados em diferentes ambientes, nas estações do verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d), em 2018, no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS



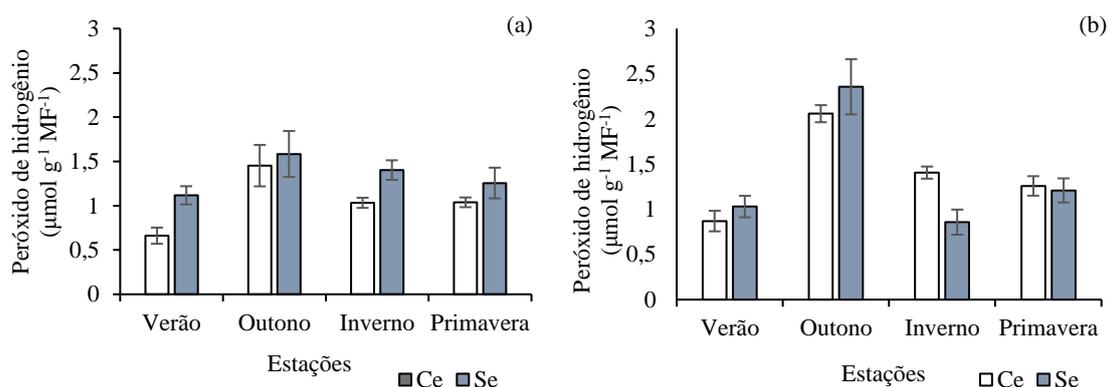
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (ambiente) e minúscula (clones) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Em que: Ce: com estufim; Se: sem estufim; MJC: Minijardim clonal.

Fonte: Autora (2021).

Para o *E. saligna*, houve aumento da concentração de H_2O_2 nas minicepas alocadas em ambiente sem estufim, sendo que as maiores médias para ambos os ambientes foram observadas na estação outono (Figura 10a).

Em contrapartida, para o clone *C. torelliana* x *C. citriodora*, as maiores concentrações foram verificadas em ambiente sem estufim, nas estações verão e outono, nas demais estações, verificamos o aumento de H₂O₂ em minicepas provenientes de ambiente com a presença de estufim (Figura 10b).

Figura 10 – Peróxido de hidrogênio de minicepas de *E. saligna* (a) e *C. torelliana* x *C. citriodora* (b) produzidas em diferentes ambientes com estufim (Ce) e sem estufim (Se) nas quatro estações do ano no Viveiro Florestal da Empresa CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS



Em que: Ce: com estufim; Se: sem estufim; MF: massa fresca.

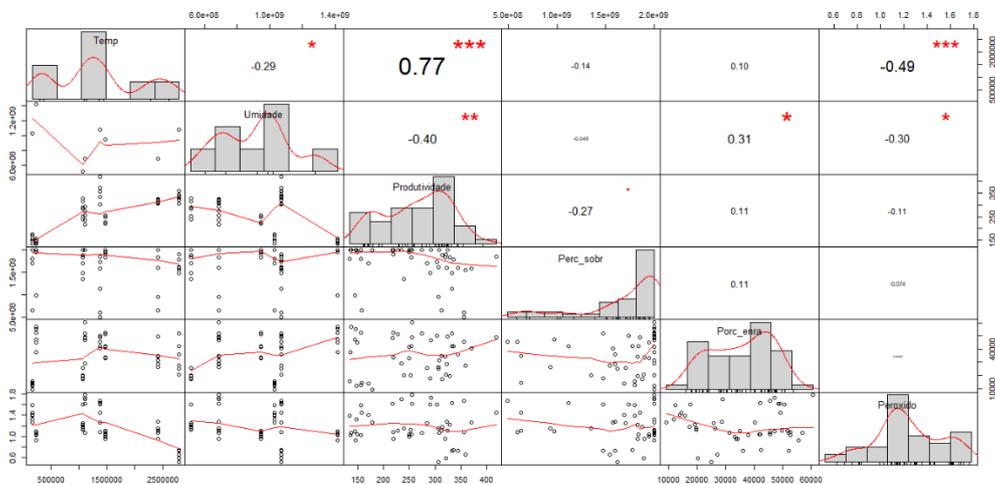
Fonte: Autora (2021).

6.7 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON

Observamos uma alta correlação negativa entre as variáveis ambientais (temperatura e umidade relativa do ar) (-0,29), ou seja, com o aumento da temperatura a uma redução na umidade relativa do ar. Correlação positiva entre a temperatura e produtividade (0,77), assim, o aumento da temperatura promove um aumento da produtividade de minicepas.

Correlação negativa entre a umidade relativa do ar com a produtividade (-0,40) das minicepas de *E. saligna*, bem como, esta variável ambiental apresenta baixa correlação com o enraizamento (0,31) de miniestacas, ou seja, o aumento da umidade relativa promove a redução da produtividade das minicepas bem como o enraizamento das miniestacas. Ambas as variáveis ambientais apresentam correlação negativa com peróxido de hidrogênio (-0,49 e -0,30, para temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente) (Figura 11).

Figura 11 – Matriz de resultados da análise de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais dos diferentes manejos do minijardim clonal com as variáveis de produção para *E. saligna*



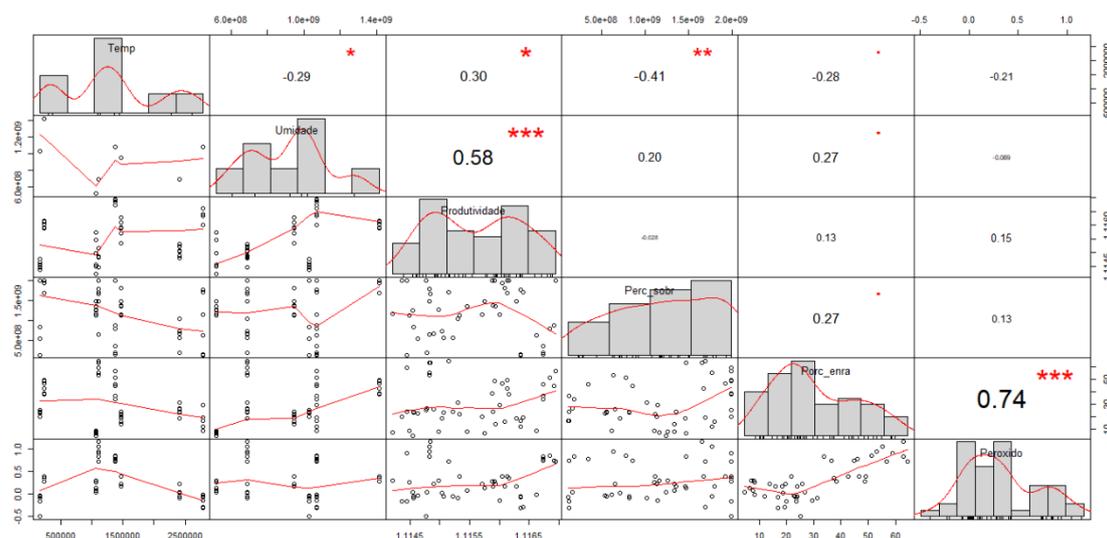
Coefficientes seguidos por “***”, “**”, “*” e “.” são significativos ($p < 0,001$; $p < 0,01$; $p < 0,05$ e $p < 0,1$).

Fonte: Autora (2021).

Observamos, para o híbrido *C. torelliana* x *C. citriodora* correlação negativa entre as variáveis ambientais (-0,29), porém correlação positiva das variáveis temperatura e umidade relativa do ar com a produtividade de minicepas, sendo 0,30 e 0,58, respectivamente, demonstrando que com o aumento destas a produtividade é favorecida. Em contrapartida, verificamos correlação negativa entre a temperatura e a sobrevivência de miniestacas (-0,41), ou seja, em estações com temperaturas mais elevadas ocorre a diminuição da sobrevivência.

Do mesmo modo observamos alta correlação positiva entre o enraizamento de miniestacas e o peróxido de hidrogênio (0,74), demonstrando que o aumento da concentração de H₂O₂ favoreceu o aumento nos índices de enraizamento das miniestacas do híbrido *C. torelliana* x *C. citriodora* (Figura 12).

Figura 12 – Matriz de resultados da análise de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais dos diferentes manejos do minijardim clonal com as variáveis de produção para *C. torelliana x C. citriodora*



Coefficientes seguidos por “***”, “**”, “*” e “.” são significativos ($p < 0,001$; $p < 0,01$; $p < 0,05$ e $p < 0,1$).

Fonte: Autora (2021).

7. DISCUSSÃO

O híbrido de *C. torelliana x C. citriodora* foi expressivamente mais produtivo que o de *E. saligna* em todas as estações (Figura 3). O ambiente com estufim proporcionou maior produtividade para o híbrido em todas as estações, porém não evidenciamos padrão sazonal de comportamento para o *E. saligna*. Do mesmo modo, a sobrevivência não permitiu identificar um padrão, mas manteve-se elevada, o que indica que o ambiente foi propício para manter as estacas túrgidas e com tecidos de reservas aptos à translocação e indução radicular (Figura 6).

O enraizamento por outro lado, geralmente contrariou o comportamento da produtividade, com superioridade significativa do *E. saligna*, quando comparado ao híbrido. No outono e inverno o estufim demonstrou ser uma estrutura importante para o enraizamento (Figura 7).

Autores afirmam que a produtividade é variável e dependente de diversos fatores, entre eles, o manejo a qual é submetido o minijardim clonal e o vigor das minicepas (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013b).

Diferentemente das demais regiões do país, a região sul se caracteriza por apresentar chuvas regulares, e com isso a manutenção da alta umidade relativa do ar, tendo as quatro estações do ano bem definidas. No verão têm-se temperaturas elevadas e maior tempo de insolação, diferente do que é registrado no inverno, onde as temperaturas são mais baixas e há diminuição nas horas de luz diárias (NERY, 2005), conseqüentemente, observa-se a variação na irradiação solar nas diferentes estações. Segundo ALFENAS et al., (2009) fatores ambientais como o fotoperíodo e temperatura influenciam diretamente no processo de enraizamento.

A irradiação solar incidente sobre a terra está diretamente relacionada a diferentes processos vitais do planeta (GÓMEZ et al., 2018). A variação na irradiação solar que incide sobre a casa de vegetação nas diferentes estações do ano, altera a temperatura, provocando mudanças na atividade metabólica das minicepas, conseqüentemente, o aumento ou diminuição da sua produtividade. Assim, temperaturas elevadas provocam maior troca gasosa, conseqüentemente aumentando a assimilação de carbono e a perda de água por evapotranspiração. Isso, respectivamente, afeta positivamente a produtividade, mas pode reduzir o enraizamento das miniestacas.

Observamos que, com o aumento das temperaturas houve um aumento nas taxas de produtividades das minicepas, tanto para o clone comercial como para o híbrido (Figuras 11 e 12), coincidindo com as estações com maiores índices de incidência solar corroborando a afirmação de Hartmann et al. (2014), os quais destacam o aumento da luminosidade como promotor de crescimento da parte aérea, devido a maior produção de citocininas, conseqüentemente, o aumento da produção de propágulos vegetais aptos ao enraizamento, ou seja, maior produtividade.

Do mesmo modo, verificamos que o estufim promoveu o aumento da temperatura nas estações mais frias, bem como o aumento da produtividade nestas estações, tendo uma correlação positiva entre as variáveis temperatura e produtividade para ambos os materiais genéticos estudados (Figuras 11 e 12). Cunha et al. (2009b) verificaram em estudos com diferentes clones das espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* que a temperatura tem relação positiva com a produtividade de minicepas, ou seja, o aumento da temperatura promove maior produtividade. Resultados semelhantes ao desse estudo para produtividade de minicepas foram verificados para clones do gênero *Eucalyptus* (BRONDANI et al., 2012; BATISTA et al., 2015), além de outras espécies florestais de interesse econômico (PIRES et al., 2015), demonstrando que a produtividade das minicepas é estimulada nas estações mais quentes.

De modo semelhante, Brondani et al. (2018) verificaram que com o aumento da temperatura houve diminuição nos índices de sobrevivência e enraizamento de miniestacas de espécies de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus benthamii* e *Corymbia citriodora*. Estudos demonstraram que a maior radiação e, conseqüentemente, temperatura, interferiram negativamente no enraizamento de miniestacas de híbridos do gênero *Eucalyptus* (PEDROSO, 2016). Alfenas et al. (2009) destaca que temperaturas ótimas para o enraizamento estão na faixa de 25 a 30 °C. Os mesmos autores ainda destacaram que a variação expressiva da temperatura pode causar prejuízos para o enraizamento das miniestacas. Essas quando submetidas a ambientes com altas temperaturas, tendem ao desenvolvimento de gemas laterais antes da formação de raízes (HARTMANN et al., 2014).

As plantas quando submetidas a elevada temperatura, tendem a aumentar a condutância estomática, reduzindo a taxa fotossintética e aumentando a transpiração (TAIZ et al., 2017). No minijardim clonal, apesar das irrigações frequentes, há redução do potencial hídrico (dados não publicados), o que pode induzir à redução da turgidez das células vegetais, afetando negativamente o processo de enraizamento (FACHINELLO et al., 2005). No presente estudo, essa condição nas estações mais quentes, pode ter reduzido as taxas de enraizamento (Figura 8). Em contrapartida, temperaturas baixas, reduzem o metabolismo das miniestacas, assim elas necessitam de mais tempo para estimular o processo rizogênico (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013a).

Ressalta-se que, os maiores índices de enraizamento são verificados para o clone comercial, *Eucalyptus saligna*, devido a sua maior adaptação aos fatores ambientais locais, o que proporciona a diminuição da recalcitrância que espécie apresenta ao enraizamento. O híbrido *C. torelliana* x *C. citriodora*, apesar da elevada produtividade quando conduzida no MJC Ce deve ser melhor estudado quanto a recalcitrância para o enraizamento, priorizando o rejuvenescimento do material utilizado, manejo específico na casa de enraizamento no que se refere a temperatura, umidade relativa e irrigação.

Verificou-se também que no verão, a umidade relativa do ar foi menor em relação às outras estações, sendo que os maiores valores para essa variável ambiental foram observados na estação do inverno, para os ambientes com e sem estufim (Figura 2). Verificamos que o uso do estufim proporcionou ambientes com umidade relativa do ar com valores dentro do padrão considerado ótimo nas estações mais quentes, sendo que nas estações mais frias, a UR ótima foi atingida em ambiente com e sem o uso do estufim.

Conseqüentemente, observamos que o ambiente com a presença do estufim potencializa as taxas de enraizamento.

Hartmann et al. (2014) destacaram a importância do controle da UR, pois a mesma em excesso pode causar o surgimento de patógenos, que afetam o desenvolvimento das raízes em miniestacas, e quando em falta pode causar estresse hídrico, interferindo na sobrevivência e no enraizamento. Assim, a UR adequada pode promover o desenvolvimento ideal de miniestacas, sendo que a mesma mantém a turgidez das células favorecendo o enraizamento (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013b).

A primavera, mesmo com temperatura e umidade relativa do ar muito próximas às encontradas na estação do verão, apresentou menor produtividade das minicepas. Ressalta-se que nessa estação, a Empresa reduz as irrigações, visando obter menor produção de miniestacas, visto que as mudas produzidas estariam prontas para o plantio a campo fora da época mais adequada (no verão).

No outono verificamos que a maior produtividade foi obtida em ambiente com estufim, nessa condição houve maiores médias de temperatura e umidade relativa do ar, provocando o aumento da produção de minicepas. De acordo com Assis (2014), o estufim aumenta a temperatura e umidade relativa do ar e, assim, a produção das minicepas.

Verificamos que, em todas as estações do ano, a produtividade do *C. torelliana* x *C. citriodora* foi maior em relação *E. saligna*, porém o híbrido apresentou menores índices de sobrevivência e enraizamento em todas as estações avaliadas. Para o clone comercial de *E. saligna* observamos nas estações do verão, inverno e outono a maior produtividade de minicepas em ambientes com estufim. Batista et al. (2015) descreveram resultados semelhantes ao avaliarem o desenvolvimento de diferentes híbridos do gênero *Eucalyptus* submetidos ao uso do estufim sob o minijardim clonal. Diversos estudos também relataram resultados positivos proporcionados pela utilização do estufim para a produção de mudas do gênero *Eucalyptus* (ASSIS, 2011; ROCHA, 2019; OLIVIERA, 2016) e de *Acacia mearnsii* (ENGEL et al., 2018), aumentando principalmente a produtividade das minicepas, submetidas a esse ambiente, bem como o enraizamento e a qualidade das raízes das miniestacas.

Nas estações do inverno e primavera o estufim promoveu o aumento da produtividade das minicepas para ambos os clones. Rocha (2019) destacou que o estufim proporcionou o aumento da produtividade das minicepas, bem como o aumento da qualidade das mudas produzidas. Como consequência, mudas de qualidade superior resultam em povoamentos florestais de alta produtividade.

Autores afirmam que fatores ambientais como altas temperaturas e mudanças climáticas locais favorecem a produção de H_2O_2 (SOARES; MACHADO, 2007), como verificado no presente trabalho, em que a produção de peróxido foi favorecida na estação do outono, onde verificou-se variação nos fatores ambientais dentro da estação, principalmente da temperatura (Figura 1).

Em estações com temperaturas inferiores, verificamos que o estufim promoveu o aumento nas concentrações de H_2O_2 para o híbrido ($1,3 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MF}^{-1}$), o que pode ter favorecido o aumento da produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas do clone e do híbrido, pois como é possível verificar pela análise de correlação, onde verifica-se que para o híbrido o aumento das concentrações de peróxido de hidrogênio foi favorável ao aumento das taxas de enraizamento (Figura 12).

8. CONCLUSÃO

A utilização do estufim no minijardim clonal, proporciona o aumento da produtividade das minicepas do híbrido de *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora* em todas as estações avaliadas.

Nas estações do outono e inverno, a utilização do estufim promoveu o aumento dos índices de enraizamento de miniestacas do clone *Eucalyptus saligna* e do híbrido *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora*, demonstrando a eficácia da estrutura nas estações mais frias.

Desse modo, recomenda-se a utilização do estufim no minijardim clonal nas estações do outono e inverno, visando o aumento da produção de mudas de *Eucalyptus saligna* e *Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora*.

9. REFERÊNCIAS

- ADENIYI, B. A.; ODUFOWOKE, S. .; OLALEYE, R. Antibacterial and gastroprotective properties of *Eucalyptus torelliana* [Myrtaceae] Crude Extracts. **International Journal of Pharmacology**, Budapeste, v. 2, n. 3, p. 362–365, 2006.
- ALFENAS, A. C. et al. Clonagem do eucalipto. In: **Clonagem e doenças do eucalipto**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2009. p. 500.
- ALMEIDA, F. D. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia e miniestaquia**. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal; Meio Ambiente e Conservação da Natureza; Silvicultura; Tecnologia e Utilização de madeira) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 2006.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. Melhoramento genético do eucalipto. In: **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. 1. ed. Santa Maria: UFSM, 2015. p. 305.
- ASSIS, T. F. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the *Eucalyptus* clonal forestry. **BMC Proceedings**, v. 5, n.7, p.18, 2011.
- ASSIS, T. F. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: Desafios e Perspectivas. **3º Encontro Brasileiro de Silvicultura**, Nova Lima, p. 127–148, 2014.
- BARBOSA, M. R. et al. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 453–460, 2014.
- BATISTA, A. F. et al. Influência da arquitetura foliar de miniestacas na propagação clonal de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 819–827, 2014.
- BATISTA, A. F. et al. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment. **Australian Forestry**, Camberra, v. 78, n. 2, p. 65–72, 2015.
- BENIN, C. C.; PERES, F. S. B.; GARCIA, F. A. D. O. Enraizamento de miniestacas apicais, intermediárias e basais em clones de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 421–428, 2013.
- BERTOLA, A. **Eucalipto - 100 anos de Brasil: “Falem mal, mas continuem falando de mim!”** V&M Florestal Ltda., p. 91, 2013.
- BEYL, C. A. Adventitious Shoot and Root Formation on Leaf and Root Cuttings. In: **Plant propagation concepts and laboratory exercises**. 2. ed. CRC Press, 2014. p. 520.
- BÔAS, O.; MAX, J. C. M.; MELO, A. C. Crescimento comparativo de espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* no município de Marília, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 63–72, 2009.
- BRASIL. **LEI Nº 5.106, DE 2 DE SETEMBRO DE 1966**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L5106.htm>. Acesso em: 25 maio. 2020.
- BRONDANI; G. E. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (

- ii) sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 453–465, 2010.
- BRONDANI, G. E. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (I) sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 11–21, 2012.
- BRONDANI, G. E. et al. Mini-incubators improve the adventitious rooting performance of *Corymbia* and *Eucalyptus* microcuttings according to the environment in which they are conditioned. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 2409–2423, 2018.
- BURIN, C. et al. Rooting of mini-cuttings in different collection times for the selection of canjerana clones. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 2, p. 1–7, 2018.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Produção de mudas. In: **Silvicultura do Eucalipto no Brasil**. 1. ed. Santa Maria: UFSM, 2015. p. 305.
- CASARIN, J. V. et al. Productivity and rooting of olive mini-cuttings grown in a clonal mini-garden according to season. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 8, n. 4, p. 537–543, 2017.
- CUNHA, A. C. M. C. M. DA et al. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 607–615, 2009a.
- CUNHA, A. C. M. C. M. DA et al. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 195–203, 2009b.
- DE ALMEIDA, M. R. et al. Environmental control of adventitious rooting in *Eucalyptus* and *Populus* cuttings. **Trees**, Berlim, v. 31, n. 5, p. 1377–1390, 2017.
- FREITAS, T. A. S., et al. Mudanças de eucalipto produzidas a partir de miniestacas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 519–528, 2006.
- DIAS, P. C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 453–462, 2012.
- ENGEL, M. L. et al. Use of mini polytunnels for the maintenance of a clone garden of *Acacia mearnsii* De Wildeman in different seasons of the year. **Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 4, p. 601–608, 2018.
- FACHINELLO, J. C. et al. Propagação vegetativa por estquia. In: FACHINELLO, J. C.; HOFFMAN, A.; NACHTIGAL, J. C. (Eds.) . **Propagação de plantas frutíferas**. 1. ed. Brasília: 1, 2005. p. 221.
- FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., NOGUEIRA, D. A. ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese). R package version 1.1.2., 2013.
- FERNANDES, S. J. DE O. et al. Período de enraizamento de miniestacas de eucalipto provenientes de diferentes lâminas de irrigação em minijardim. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 591, 2018.
- FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Embrapa florestas, Colombo, p. 22, 2004.

- FERRIANI, A. P. et al. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 2011, n. 67, p. 257–264, 2011.
- FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agro@Mambiente on-Line**, Boa Vista, v. 4, n. 2, p. 102–109, 2010.
- FILHO, E. P.; SANTOS, P. E. T. Escolha de cultivares de eucaliptos em função do ambiente e do uso. **Embrapa**, Colombo, p. 1–11, 2013.
- FONSECA, S. M. et al. Recursos genéticos no melhoramento do eucalipto. In: **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2010. p. 200.
- FREITAS JUNIOR, G.; MARSON, A. A.; SOLERA, D. A. G. Os eucaliptos no vale do Paraíba Paulista: Aspectos geográficos e históricos. **Revista Geonorte**, Manaus v. 1, n. 4, p. 221–237, 2012.
- GÓMEZ, J. M. R. et al. A irradiância solar: conceitos básicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 3, 2018.
- GREGORY, P. J. Plants, Roots and the Soil. In: **Plant roots: Growth, Activity and Interaction with Soils**. 1. ed. Wiley-Blackwell, 2006. p. 340.
- HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation principles and practices**. 1. ed. Pearson Education Limited, 2014, p. 927.
- HERNÁNDEZ-BARRERA, A. et al. Hyper, a hydrogen peroxide sensor, indicates the sensitivity of the arabidopsis root elongation zone to aluminum treatment. **Sensors**, v. 15, n. 1, p. 855–867, 6 jan. 2015.
- HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. DE A.; GONÇALVES, A. N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil. **Ipef**, Piracicaba, v. 192, p. 1–14, 2000.
- IBÁ. **Anuário estatístico do IBÁ. Ano base 2019. Indústria brasileira de árvores. Associação Brasileira de Árvores**, 2020. Disponível em: <<http://abpa-br.org/relatorios/>>
- JÚNIOR, J. E. P.; SANTAROSA, E.; GOULART, I. C. G. R. Histórico do cultivo de eucalipto. In: JÚNIOR, J. E. P.; SANTAROSA, E.; GOULART, I. C. G. R. (Eds.). **Cultivo do eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2014. p. 138.
- KONZEN, E. R.; BERGONCI, T.; BRONDANI, G. E. Produção de mudas por propagação vegetativa. In: **Produção de sementes florestais: um enfoque a silvicultura**. 1. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2018. p. 448.
- LEITE, H. N. P.; GARCIA, H. Desbastes e desrama em povoamentos de *Eucalyptus*. In: VIEIRA, M. V. S. M. (Ed.). **Silvicultura do Eucalipto no Brasil**. 1. ed. Santa Maria: UFSM, 2015. p. 83–112.
- LONGUE JÚNIOR, D.; COLODETTE, J. L. Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 429–438, 2013.
- LORENZI, H. et al. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. 1. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA., 2003.

- LORETO, F.; VELIKOVA, V. Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. **Plant Physiology**, Mission, v. 127, n. 4, p. 1781–1787, 2001.
- MAFIA, R. G. et al. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 843–851, 2005.
- MARCHIORI, J. N. C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das angiospermas: Myrtales**. 1. ed. Santa Maria: UFSM, 1997.
- MELOTTO, A. M. et al. Espécies florestais em sistemas de produção em integração. In: **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Embrapa, Brasília, 2019. p. 429–454.
- MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000.
- MOREIRA, J. M. M. Á. P.; SIMIONI, F. J.; OLIVEIRA, E. B. DE. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 1, p. 85–94, 2017.
- NERY, J. T. Dinâmica climática da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 61–75, 2005.
- OLIVIERA, A. S. DE. **Propagação clonal de eucalipto em ambiente protegido por estufins: produção, ecofisiologia e modelagem do crescimento das miniestacas**. 2016, 76f. (Doutorado em Meteorologia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.
- PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. DOS; FERRREIRA, C. A. Eucaliptos indicados para plantio no estado do Paraná. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 45 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 129). **Embrapa Florestas**, Colombo, p. 1–20, 2006.
- PEDROSO, E. J. **Enraizamento de miniestacas e ecofisiologia de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes intensidade de radiação solar**. 2016, 49 f. (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2016.
- PEI, Z. M. et al. Calcium channels activated by hydrogen peroxide mediate abscisic acid signalling in guard cells. **Nature**, v. 406, n. 6797, p. 731–734, 2000.
- PEREIRA, M. DE O. et al. Rooting of mini-cuttings of *Sequoia sempervirens* using different clones and cultural environments. **Bosque**, Valdívía, v. 40, n. 3, p. 335–346, 2019a.
- PEREIRA, M. DE O. et al. Rooting environments in *Sequoia sempervirens* mini-cuttings of clone a228. **Cerne**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 386–393, 2019b.
- PIMENTEL, N. et al. Productivity of mini-stumps and rooting of mini-cuttings of erva mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) clones. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 559–570, 2019.
- PIRES, P. et al. Sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaquia de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 283–293, 2015.

QUEIROZ, L. R. S.; BARRICHELO, L. E. G. O. **O eucalipto: um século no Brasil 1908-2008**. 1. ed. São Paulo: Antônio Belline. Duratex, 2007.

REIS, C. A. F. et al. *Corymbia citriodora*: estado da arte de pesquisas no Brasil. **Embrapa**, Colombo, v. 1, p. 59, 2013.

REIS, C. A. F. et al. *Corymbia torelliana*: estado da arte de pesquisas no Brasil. **EMBRAPA**, Colombo, v. 261, p. 50, 2014.

ROCHA, F. M. **Utilização do estufim e do ácido indolbutírico na miniestaquia de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita***. 2019, 91f (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.

ROCHA, J. H. T. et al. Produtividade do minijardim e qualidade de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* (I-224) em função de doses de nitrogênio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 273–279, 2015.

SANTOS, G. A. et al. Adaptabilidade de híbridos multiespécies de *Eucalyptus* ao estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 759–769, 2013.

SOARES, A. M. DOS S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Boa Vista, v. 1, n. 1, p. 9–19, 2007.

SOUSA, E. P. et al. Desempenho do setor florestal para a economia brasileira: uma abordagem da matriz insumo-produto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1129–1138, 2010.

TABALDI, L. A. **Avaliação bioquímica e fisiológica de clones de batata em relação ao alumínio**. 2008, 182 f. (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.

TAIZ, L. et al. Estresse abiótico. In: **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 858.

TRIGIANO, R. N.; FRANKLIN, J. A.; GRAY, D. J. A brief introduction to plant anatomy and morphology. In: **Plant propagation concepts and laboratory exercises**. 2. CRC Press, 2014. p. 520.

VALERI, S. V. et al. Enraizamento de estacas de *Caesalpinia echinata* Lam. em hidroponia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 241–250, 2012.

VECHI, A. D.; JÚNIOR, C. A. D. O. M. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. **Revista Valore**, Volta Redonda, v. 3, n. 1, p. 495–506, 2018.

XAVIER, A.; SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de eucalyptus no Brasil. **Agronomia Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93–98, 2010.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. DA. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2013a.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. DA. **Silvicultura clonal: Princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2013b.

10. APÊNDICES

APÊNDICE A - Estrutura do estufim, fechado (a) e aberto (b), Viveiro Florestal da CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS



Fonte: Autora (2021).

APÊNDICE B - Padrão de miniestacas coletadas em minicepas conduzidas em minijardim clonal do Viveiro da CMPC, Horto Florestal Barba Negra, Barra do Riberio, RS



Fonte: Autora (2021).

APÊNDICE C- Probabilidades da variável produtividade de minicepas provenientes de dois clones conduzidos em duas condições de minijardim clonal, nas estações verão, outono, inverno e primavera, no Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS

| Fonte de Variação | GL | p valor (significância) |
|--------------------------|-----------|--------------------------------|
| Verão | | |
| Bloco | 5 | 0,871911 |
| MJC (A) | 1 | 0,000101*** |
| Clone (B) | 1 | $2,2 \times 10^{-16}$ *** |
| A x B | 1 | 0,002173*** |
| CV%(A) | | 5,65% |
| CV%(B) | | 6,91% |
| Outono | | |
| Bloco | 5 | 0,978404 |
| MJC (A) | 1 | 0,000372*** |
| Clone (B) | 1 | $2,2 \times 10^{-16}$ *** |
| A x B | 1 | 0,166067 |
| CV%(A) | | 8,91% |
| CV%(B) | | 6,44% |
| Inverno | | |
| Bloco | 5 | 0,45950 |
| MJC (A) | 1 | 0,01915* |
| Clone (B) | 1 | 2×10^{-16} *** |
| A x B | 1 | $9,8 \times 10^{-5}$ *** |
| CV%(A) | | 9,91 |
| CV%(B) | | 5,54 |
| Primavera | | |
| Bloco | 5 | 0,046297* |
| MJC (A) | 1 | 0,456363 |
| Clone (B) | 1 | $2,2 \times 10^{-16}$ *** |
| A x B | 1 | 0,001595 |
| CV%(A) | | 8,68 |
| CV%(B) | | 13,48 |

MJC: Minijardim Clonal; GL: Graus de Liberdade; CV: Coeficiente de Variação; ns: não significativo; *** 0,001 ** 0,01 * 0,05.

Fonte: Autora (2021).

APÊNDICE D - Probabilidades da variável porcentagem de sobrevivência de miniestacas provenientes de dois clones conduzidos em duas condições de minijardim clonal, nas estações verão, outono, inverno e primavera, no Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS

| Fonte de Variação | GL | p valor (significância) |
|--------------------------|-----------|--------------------------------|
| Verão | | |
| Bloco | 5 | 0,533453 |
| MJC (A) | 1 | 0,233104 |
| Clone (B) | 1 | 0,007411** |
| A x B | 1 | 0,798389 |
| CV%(A) | | 10,93 |
| CV%(B) | | 14,56 |
| Outono | | |
| Bloco | 5 | 0,064856 |
| MJC (A) | 1 | 0,000171*** |
| Clone (B) | 1 | 0,120845 |
| A x B | 1 | 0,992767 |
| CV%(A) | | 6,37 |
| CV%(B) | | 14,62 |
| Inverno | | |
| Bloco | 5 | 0,020500 |
| MJC (A) | 1 | 0,03089* |
| Clone (B) | 1 | 0,24556 |
| A x B | 1 | 0,09833 |
| CV%(A) | | 7,45 |
| CV%(B) | | 10,5 |
| Primavera | | |
| Bloco | 5 | 0,04727* |
| MJC (A) | 1 | 0,02692* |
| Clone (B) | 1 | 6x10 ⁻⁶ *** |
| A x B | 1 | 0,33139 |
| CV%(A) | | 1,75 |
| CV%(B) | | 1,88 |

MJC: Minijardim Clonal; GL: Graus de Liberdade; ns: não significativo; *** 0,001 ** 0,01 * 0,05.

Fonte: Autora (2021).

APÊNDICE E - Probabilidades da variável porcentagem de enraizamento de miniestacas provenientes de dois clones conduzidos em duas condições de minijardim clonal, nas estações verão, outono, inverno e primavera, no Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS

| Fonte de Variação | GL | p valor (significância) |
|--------------------------|-----------|--------------------------------|
| Verão | | |
| Bloco | 5 | 0,55073 |
| MJC (A) | 1 | 0,00315*** |
| Clone (B) | 1 | 2×10^{-16} *** |
| A x B | 1 | 0,00878*** |
| CV%(A) | | 11,20 |
| CV%(B) | | 14,42 |
| Outono | | |
| Bloco | 5 | 0,56808 |
| MJC (A) | 1 | 0,05946 |
| Clone (B) | 1 | 2×10^{-16} *** |
| A x B | 1 | 0,01866 |
| CV%(A) | | 10,97 |
| CV%(B) | | 7,89 |
| Inverno | | |
| Bloco | 5 | 0,4121 |
| MJC (A) | 1 | 2×10^{-6} *** |
| Clone (B) | 1 | 2×10^{-16} *** |
| A x B | 1 | 0,7060 |
| CV%(A) | | 5,77 |
| CV%(B) | | 9,53 |
| Primavera | | |
| Bloco | 5 | 0,790279 |
| MJC (A) | 1 | 0,000487*** |
| Clone (B) | 1 | 2×10^{-16} *** |
| A x B | 1 | 0,002480** |
| CV%(A) | | 11,83 |
| CV%(B) | | 8,26 |

MJC: Minijardim Clonal; GL: Graus de Liberdade; ns: não significativo; *** 0,001 ** 0,01 * 0,05.

Fonte: Autora (2021).

APÊNDICE F- Probabilidades da variável peróxido de hidrogênio provenientes de dois clones conduzidos em duas condições de minijardim clonal, nas estações verão, outono, inverno e primavera, no Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS

| Fonte de Variação | GL | p valor (significância) |
|--------------------------|-----------|--------------------------------|
| Verão | | |
| Bloco | 5 | 0,758036 |
| MJC (A) | 1 | 0,0049223** |
| Clone (B) | 1 | 0,046297* |
| A x B | 1 | 0,000234*** |
| CV%(A) | | 17,12 |
| CV%(B) | | 7,04 |
| Outono | | |
| Bloco | 5 | 0,62481 |
| MJC (A) | 1 | 0,08148 |
| Clone (B) | 1 | 4,7x10 ⁻⁵ *** |
| A x B | 1 | 0,43069 |
| CV%(A) | | 12,96 |
| CV%(B) | | 13,29 |
| Inverno | | |
| Bloco | 5 | 0,316460 |
| MJC (A) | 1 | 0,106325 |
| Clone (B) | 1 | 0,006722** |
| A x B | 1 | 2,2x10 ⁻¹⁶ *** |
| CV%(A) | | 9,44 |
| CV%(B) | | 5,26 |
| Primavera | | |
| Bloco | 5 | 0,15147 |
| MJC (A) | 1 | 0,04048* |
| Clone (B) | 1 | 0,17543 |
| A x B | 1 | 0,04747* |
| CV%(A) | | 6,28 |
| CV%(B) | | 12,17 |

MJC: Minijardim Clonal; GL: Graus de Liberdade; ns: não significativo; *** 0,001 ** 0,01 * 0,05.

Fonte: Autora (2021).