



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO  
MARANHÃO**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE BALSAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE**

**MARIA DE FÁTIMA DE CASTRO OLIVEIRA**

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MINIESTACAS DE EUCALIPTO SUBMETIDAS À  
APLICAÇÃO DE FILME DE PARTÍCULAS A BASE DE CAULIM**

Balsas - MA

2019

**MARIA DE FÁTIMA DE CASTRO OLIVEIRA**

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MINIESTACAS DE EUCALIPTO SUBMETIDAS À  
APLICAÇÃO DE FILME DE PARTÍCULAS A BASE DE CAULIM**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente- PPGAA/CESBA/UEMA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente. Orientador: Prof. Dr. Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo.

Balsas - MA

2019

Oliveira, Maria de Fátima de Castro.

Produção e qualidade de miniestacas de eucalipto submetidas à aplicação de filme de partículas a base de caulim / Maria de Fátima de Castro Oliveira. – São Luís, 2019.

55 f.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo.

1. Fotoprotetor. 2. Minijardim clonal. 3. Propagação clonal. I. Título.

CDU 631.535

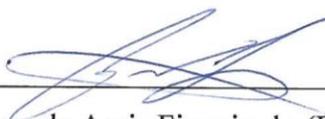
MARIA DE FÁTIMA DE CASTRO OLIVEIRA

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MINIESTACAS DE EUCALIPTO SUBMETIDAS À  
APLICAÇÃO DE FILME DE PARTÍCULAS A BASE DE CAULIM

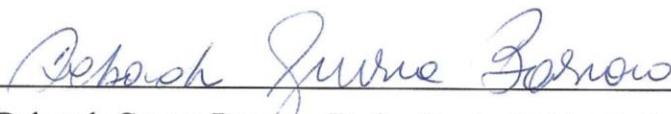
Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em Agricultura  
e Ambiente - PPGAA/CESBA/UEMA,  
como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Mestre em Agricultura e Ambiente.  
Orientador: Prof. Dr. Fábio Afonso Mazzei  
Moura de Assis Figueiredo.

Aprovada em 14 / 03 / 2019

BANCA EXAMINADORA



Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo (D. Sc. Produção Vegetal) – UEMA



Deborah Guerra Barroso (D. Sc. Produção Vegetal) - UENF



Tiago Massi Ferraz (D. Sc. Produção Vegetal) - UEMA

Balsas - MA

2019

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus acima de tudo, por me dar forças para alcançar mais uma conquista;

À minha mãe, por todo amor, carinho e por sempre cuidar de mim;

Ao meu marido, por todo amor, paciência, carinho e companheirismo. Por estar sempre ao meu lado e acreditar em mim;

Ao professor Fábio Figueiredo, pela orientação, por toda paciência, apoio e disponibilidade. Por todo conhecimento compartilhado, atenção e confiança;

A toda minha família, por sempre acreditar em mim e me dar todo apoio necessário;

À Universidade Estadual do Maranhão - UEMA;

À Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL;

Ao Programa de Pós-graduação em Agricultura e Ambiente - PPGAA;

Ao Tessengerlo Group, NovaSource por ter disponibilizado o produto para a realização do trabalho;

Aos meus amigos Diego e Niedja, por tudo! Por fazerem de todos os obstáculos grandes momentos de reflexão e gargalhadas. Por todo apoio e carinho. Pelas longas conversas e viagens planejadas. Pela cumplicidade e por todo conhecimento compartilhado;

Ao viveiro Enraíze, à Carol, Cristiane e demais funcionários, por toda infraestrutura disponibilizada para o experimento e todo apoio nas atividades de coleta de miniestacas, sem o qual não seria possível a realização deste estudo;

À toda equipe que se revezou auxiliando na instalação e nas análises do experimento (Ana Letícia, Ariadna, Bruno, Diego, Fernando, Filipe Igor, Filipe Rezende, Izadora, Jeovania, Niedja), sem vocês o trabalho de campo não seria possível, serei eternamente grata;

À professora Anatércia da UEMASUL, por disponibilizar a estrutura do laboratório de sementes;

Aos professores Heder Braun, Tiago e Fabrício pela colaboração nas análises estatísticas e fisiológicas e pelo conhecimento compartilhado;

Ao José Gilson, meu conselheiro de todas as horas, por todo o apoio e pelas suas palavras de conforto e sabedoria.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desta conquista.

## RESUMO

Com a expansão dos plantios florestais no território nacional e a iminência do aumento das temperaturas decorrentes do aquecimento global, torna-se relevante a abordagem de tecnologias que favoreçam o maior crescimento e desenvolvimento do minijardim clonal a fim de garantir a produtividade dos viveiros. A aplicação de filmes de partícula a base de caulim calcinado tem sido utilizada como barreira protetora dos efeitos negativos da radiação solar e temperatura. Este estudo buscou avaliar os efeitos da aplicação de filme de partículas de caulim calcinado purificado, em minijardim clonal, na produção e qualidade de miniestacas de eucalipto. Foram realizados dois experimentos: um experimento na época chuvosa e outro na época seca. Os experimentos foram instalados em esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições, no delineamento em blocos casualizados. As parcelas foram constituídas de cinco doses de caulim calcinado purificado (0, 3%, 5%, 7% ou 10% de volume de calda) e as subparcelas foram constituídas de duas medições ou seis coletas de miniestacas. O produto foi aplicado na parte adaxial das folhas. Cada tratamento foi composto por 100 minicepas (01 m<sup>2</sup>, com espaçamento de 10 cm x 10 cm), totalizando 500 unidades experimentais por bloco e 2000 no total. As minicepas foram avaliadas quanto à temperatura foliar, às trocas gasosas (assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>, condutância estomática e transpiração), eficiência do uso da água, o rendimento quântico máximo do fotossistema II, intensidade de verde e produtividade de miniestacas. As miniestacas foram avaliadas quanto ao comprimento, diâmetro, massa foliar específica e enraizamento. Os resultados mostram que a aplicação de caulim não favoreceu a produção, índice de produtividade e enraizamento de miniestacas de eucalipto. Na fisiologia, considerando o horário mais quente do dia, a aplicação de doses de caulim não influenciou as trocas gasosas de minicepas de eucalipto. Nas avaliações no horário da manhã houve interação entre as doses e épocas (chuvosa e seca) sem ajuste de modelo nas variáveis de fotossíntese, relação ci/ca, eficiência no uso da água e eficiência intrínseca no uso da água. A intensidade de verde das folhas, a eficiência fotoquímica e a massa foliar específica aumentou com o incremento de doses de caulim. Para ambientes que apresentam temperaturas elevadas, a pulverização de caulim calcinado sobre o minijardim clonal pode ser uma estratégia para reduzir o intervalo de coletas de miniestacas e aumentar a produtividade do viveiro, devido ao incremento no comprimento de brotações proporcionado por este na época seca.

**Palavras-chave:** Fotoprotetor; Minijardim clonal; Propagação clonal.

## ABSTRACT

With the expansion of forest plantations in the national territory and the imminence of the increase in temperatures due to global warming, it becomes relevant to approach technologies that favor the growth and development of the clonal minijardim in order to guarantee nursery productivity. The application of particle films based on calcined kaolin has been used as a protective barrier against the negative effects of solar radiation and temperature. This study aimed to evaluate the effects of the application of film of purified calcined kaolin particles in clonal minijardim in the production and quality of eucalyptus minicuttings. Two experiments were carried out: one experiment in the rainy season and another in the dry season. The experiments were installed in a subdivided plot scheme, with 4 replications, in a randomized complete block design. The plots consisted of five doses of purified calcined kaolin (0, 3%, 5%, 7% or 10% solution volume) and the subplots were composed of two measurements or six minicut collections. The product was applied in the adaxial part of the leaves. Each treatment consisted of 100 minicepas (01 m<sup>2</sup>, spaced 10 cm x 10 cm), totaling 500 experimental units per block and 2000 in total. The minicepas were evaluated for leaf temperature, gas exchange (photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation, stomatal conductance and transpiration), water use efficiency, maximum quantum yield of photosystem II, green intensity and minicut productivity. The minicuttings were evaluated for length, diameter, specific foliar mass and rooting. The results showed that the application of kaolin did not favor the production, productivity index and rooting of eucalyptus minicuttings. In the physiology, considering the hottest time of day, the application of kaolin doses did not influence the gas exchange of eucalyptus minicepas. In the evaluations in the morning time there was interaction between the doses and seasons (rainy and dry) without adjustment of the model in the variables of photosynthesis, relation  $c_i / c_a$ , efficiency in water use and intrinsic efficiency in the use of water. The green intensity of leaves, the photochemical efficiency and specific foliar mass increased with increasing doses of kaolin. For environments with high temperatures, the spraying of calcined kaolin on the clonal minijardim may be a strategy to reduce the range of minicuttings collections and increase nursery productivity, due to the increase in shoot length provided by the dry season.

**Keywords:** Photoprotector; Clonal mini garden; Clonal propagation.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
2.1 Objetivo Geral.....	10
2.2 Objetivos Específicos.....	10
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
3.1 O Gênero <i>Eucalyptus</i> .....	11
3.2 Produção de Mudanças de Eucalipto.....	12
3.3 Efeitos Deletérios da Alta Temperatura e Radiação na Produção Vegetal.....	14
3.4 Filme de Partículas Protetoras .....	16
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
4.1 Área experimental .....	18
4.2 Implantação do experimento .....	19
4.4 Avaliações fisiológicas no minijardim clonal .....	22
4.5 Avaliações de crescimento das brotações .....	23
4.6 Coleta e estaqueamento de miniestacas .....	25
4.8 Delineamento Experimental .....	25
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
5.1 Condições Climáticas .....	28
5.2 Crescimento de brotações e Produção de Miniestacas.....	29
5.3 Avaliações Fisiológicas nas Minicepas.....	34
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>48</b>
REFERÊNCIAS .....	49

## 1 INTRODUÇÃO

As florestas plantadas atendem cerca de 91% da necessidade industrial do país e dentre as espécies plantadas destacam-se as do gênero *Eucalyptus*, representando 73% do total de 7,84 milhões de hectares plantados, contribuindo com 6,2% do PIB industrial do país (IBÁ, 2017). O estado do Maranhão tem acompanhado a expansão nacional de florestas plantadas, contabilizando aumento de 46,5% entre os anos de 2010 e 2016, ocupando o oitavo lugar em produção de eucalipto (IBÁ, 2017).

Diante da expansão de plantios florestais, torna-se fundamental a realização de pesquisas que contribuam com o aprimoramento de técnicas de produção de mudas, em viveiro, a fim de aumentar a produtividade e a qualidade das mesmas, tanto na melhoria das características morfofisiológicas, quanto na redução do ciclo de produção.

Na produção de mudas clonais de *Eucalyptus*, destacam-se as técnicas de estaquia e miniestquia. Nesta última, as fases de brotação e enraizamento são as mais delicadas, visto a necessidade de alto vigor vegetativo e turgidez das minicepas para fornecer brotos que consigam superar a vulnerabilidade ao estresse hídrico na fase de enraizamento, devido à falta de um sistema radicular que permita reidratação da miniestaca (XAVIER et al., 2013).

Cunha et al. (2009) observaram correlações negativas entre o enraizamento de miniestacas de eucalipto e a temperatura no minijardim clonal, ressaltando a importância de manejar esses fatores para otimizar os processos do viveiro. Desse modo, a sanidade e a nutrição da planta matriz, bem como as condições ambientais devem ser controladas no processo de produção de mudas para obter máxima produção, enraizamento e qualidade da muda produzida.

Buscando uma solução para a melhoria do rendimento dos cultivos em condições mais extremas, tem se utilizado a aplicação de filmes de partículas protetoras a base de caulim, um mineral de silicatos de alumínio, que atuam como barreira protetora dos efeitos negativos da radiação solar e estresse hídrico (GLENN; PUTERKA, 2005; SHARMA et al., 2015).

O caulim possui uma importante utilização na indústria papeleira como ingrediente principal no processo de dar “brilho” ao papel. Já a sua utilização na agricultura, outrora limitada a alguns pesticidas como portador de formulações em pó molháveis, foi diversificada com os avanços em seu processamento, formulação e propriedades de aderência às plantas (SHARMA et al., 2015).

Quando diluído em água e pulverizado sobre folhas e frutos, o caulim forma uma película protetora de cor branca que se configura como uma barreira física de alta reflectância dos comprimentos de ondas UV e infravermelhos (SHELLIE; KING, 2013b), além de impedir

o contato visual e táctil de insetos, atuando no controle e prevenção de pragas (SILVA; SILVA, 2015).

Dessa forma, este produto atua reduzindo a temperatura foliar, beneficiando e mantendo as trocas gasosas das plantas ainda que em situação de estresse. Com a redução da temperatura foliar é esperado que as folhas mantenham os valores de assimilação de carbono mais elevados (TAIZ et al., 2017), contribuindo para o aumento da produtividade vegetal, bem como uma possível redução no consumo de água.

Considerando os efeitos benéficos da aplicação de filme de partículas a base de caulim na redução da temperatura foliar e no aumento da eficiência do uso da água (GLENN et al., 2010; BOARI et al., 2015). Assim como na redução da transpiração das folhas, na redução dos efeitos danosos causados por excesso de luminosidade sobre o PSII (DINIS et al., 2018) e, por consequência, no aumento do vigor da planta.

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de filme de partículas de caulim calcinado em minijardim clonal, como forma de aumentar a produção e a qualidade de miniestacas de eucalipto.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar o efeito da aplicação de filme de partículas a base de caulim sobre a produção e qualidade de miniestacas de eucalipto.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar os parâmetros fisiológicos de folhas de minicepas de eucalipto pulverizadas com filme de partículas a base de caulim;
- Avaliar o efeito da aplicação foliar de filme de partículas a base de caulim em minicepas de eucalipto, quanto à produção de miniestacas e crescimento de brotações.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 O Gênero *Eucalyptus*

O Brasil é destaque no investimento em tecnologias e na silvicultura de florestas plantadas de eucalipto (LOPES, 2016), constituindo-se como referência mundial no setor florestal. O setor brasileiro possui a maior produtividade e o menor tempo de rotação do mundo, alcançando uma média de produtividade de 35,7 m<sup>3</sup> por hectare ao ano (IBÁ, 2017).

O cultivo de espécies exóticas de rápido crescimento é comum no país, devido à grande diversidade de utilização comercial da madeira, além da facilidade de adaptação a diversas regiões (PREVEDELLO et al., 2013). Além disso, a utilização da madeira oriunda de florestas plantadas minimiza a pressão sobre as florestas nativas e sua exploração inadequada (PROTASIO et al., 2014).

Oriundo de ilhas da Oceania, o gênero *Eucalyptus* possui cerca de 730 espécies catalogadas, ainda que apenas 20 sejam utilizadas para fins comerciais em escala global (PINTO JÚNIOR et al., 2014). Essa grande variedade de espécies, assim como de clones, permite expansão geográfica, devido à adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas e à sua versatilidade de utilização (PINTO et al., 2011).

A clonagem é utilizada para maximizar os benefícios da hibridação, que combina as características entre as espécies para proporcionar melhorias em crescimento, assim como qualidade de madeira (BRONDANI et al., 2010). Após a obtenção de híbridos com as características desejadas, a técnica de miniestaquia tem sido a mais comumente utilizada pelas grandes empresas florestais como forma de propagação em larga escala (BRONDANI, 2012).

Dentre os gêneros florestais, após o *Populus*, o *Eucalyptus* é o segundo com sequenciamento genômico funcional detalhado, havendo muitos estudos sobre a interação genótipo-ambiente (OTTO et al., 2013). As diferentes espécies de eucalipto apresentam uma grande diversidade de produtos, atendendo aos setores de celulose e papel, de painéis e madeira industrializada, de processamento mecânico, de madeira tratada, de siderurgia e de carvão vegetal e de energia (ABRAF, 2013).

O Brasil conta com 5,7 milhões de hectares de florestas plantadas de eucalipto, o que representa 73% da área total de florestas plantadas do país, distribuídos principalmente entre os estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (15%), estando o estado do Maranhão em oitavo lugar no ranque, contribuindo com 4% (IBÁ, 2017). Ao longo dos anos, o cultivo de eucalipto tem sustentado a silvicultura no Brasil, servindo de base para a implantação de outras espécies pouco conhecidas (MELO et al., 2014).

Os plantios florestais têm se expandido para áreas com períodos prolongados de seca, como o semiárido nordestino (FERNANDES et al., 2014). No Maranhão e regiões vizinhas, a implantação de florestas com eucalipto obteve grande crescimento nas últimas décadas com a chegada de diversas empresas de base florestal.

Entre os anos de 2010 e 2016 o crescimento foi de 46,5%, com área total estimada em 221.859 ha (IBÁ, 2017). Este avanço requer o desenvolvimento de novas tecnologias de produção de mudas que permitam a implantação de mudas mais vigorosas e adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas de cada região.

O estado conta com cinco grandes empresas de base florestal, distribuídas entre os segmentos de siderurgia, de cerâmicas e de papel e celulose. A motivação para instalação das empresas na região se justifica, principalmente, pela grande disponibilidade de terras e seu baixo custo em comparação com outros estados, além dos sistemas ferroviário e portuário que permitem o escoamento da matéria prima (CARVALHO, 2016).

### **3.2 Produção de Mudanças de Eucalipto**

Para garantir homogeneidade e otimização da produção florestal, a utilização de mudas clonais de eucalipto se tornou uma alternativa adotada pela grande maioria das empresas do setor de papel e celulose. As técnicas de estaquia, micropropagação, microestaquia e miniestaquia e enxertia são as mais utilizadas para fins de produção comercial (FERRARI et al., 2004). Para propagação do gênero *Eucalyptus*, a estaquia e a miniestaquia são as principais técnicas utilizadas (XAVIER et al., 2013).

A estaquia foi uma das grandes descobertas da eucaliptocultura brasileira, mas apresentava limitações que foram superadas com o desenvolvimento das técnicas de miniestaquia e microestaquia, na década de 90, possibilitando a multiplicação comercial de clones de difícil enraizamento, matéria-prima homogênea e talhões mais uniformes e de rápido crescimento. Na microestaquia, as microestacas caulinares são obtidas por rejuvenescimento in vitro, enquanto que na miniestaquia os propágulos são obtidos do ápice caulinar de estacas ou mudas enraizadas (ALFENAS et al., 2009).

Em resumo, a técnica de miniestaquia consiste em realizar uma poda do ápice da brotação de uma muda enraizada, estimulando o surgimento de novas brotações, que serão coletados para confecção de miniestacas coletadas para enraizar. A parte basal da brotação da estaca podada é chamada de minicepa, de onde são retiradas as miniestacas (brotações) para formar novas mudas (FERRARI et al., 2004), ao conjunto de minicepas denomina-se minijardim clonal.

As miniestacas de eucalipto, em geral, variam de 5 a 8 cm de comprimento, podendo ter de um a três pares de folhas, com sua área reduzida por corte transversal (XAVIER; SILVA, 2010). As minicepas podem ser mantidas em diferentes tipos de recipientes, como tubetes, tubos fixos de PVC, vasos e canaletões, geralmente suspensos e sob teto translúcido fixo ou móvel.

O minijardim clonal em canaletão é um sistema semi-hidropônico, com fertirrigação, composto por uma calha preenchida por um material inerte (geralmente areia) onde são dispostas cerca de 100 minicepas por metro quadrado. A produtividade das minicepas verificada no país varia entre 8.000 e 15.000 miniestacas/m<sup>2</sup>/ano, com grande variabilidade entre os viveiros, o que se justifica pelo manejo, pela espécie ou clone adotado, assim como às condições ambientais e vigor fisiológico do minijardim clonal (XAVIER et al., 2013).

A técnica pode ser dividida em cinco fases: produção de brotos, enraizamento, aclimação à sombra, crescimento e rustificação (ALFENAS et al., 2009). Oliveira et al. (2012) destacam a fase de enraizamento como a mais crítica e importante dentro da propagação vegetativa, podendo comprometer a qualidade de mudas. Assim como Alfenas et al. (2009) que além desta, acrescentam a fase de produção de brotos como uma das mais críticas e com maior necessidade de otimização. Por este motivo, a qualidade fisiológica do minijardim clonal é essencial para se alcançar o potencial de produção de mudas.

Tendo em vista essas duas fases críticas, toda tecnologia que favoreça o crescimento e produção das minicepas aumenta a capacidade de produção do viveiro (MAFIA et al., 2005). Minicepas com qualidade fisiológica alta produzirão miniestacas mais predispostas a enraizar e com menor período de tempo. Sendo esta, dependente do genótipo e das condições ambientais, que envolvem água, temperatura, luz, CO<sub>2</sub> e nutrição (HARTMANN et al., 2011).

Vários estudos têm sido realizados sobre a produtividade das minicepas de eucalipto em função da solução nutritiva e da intensidade de coletas (LOPES et al., 2016; ROCHA et al., 2015; BRONDANI, 2012), da densidade de minicepas (SOUZA et al., 2014) e da composição de substratos (SILVA et al., 2012; KRATZ et al., 2012).

Destacam-se também trabalhos que relacionam temperatura e luminosidade no minijardim clonal com o enraizamento adventício (CUNHA et al., 2009), que são fatores importantes para a indução da fotossíntese e tão logo para a produção de reservas e substâncias indutoras da emissão de raízes (ALFENAS et al., 2009).

O enraizamento adventício, por sua vez, é um processo anatômico e fisiológico complexo (GOULART et al., 2014), dividido em quatro fases: a desdiferenciação, formação das raízes iniciais, desenvolvimento das raízes iniciais em primórdios radiculares e, por último, crescimento e emergência dos primórdios radiculares (HARTMANN et al., 2011).

Dentre os fatores que influenciam o enraizamento pode-se destacar o genótipo, as condições fisiológicas e de nutrição mineral da minicepa, além de variáveis de manejo e condições climáticas como temperatura, umidade e luminosidade (XAVIER et al., 2013). A temperatura está intrinsicamente ligada aos processos de evapotranspiração e às reações metabólicas (OLIVEIRA et al., 2012) e a luminosidade é importante para os processos fotossintéticos, que por sua vez são necessários para induzir a formação de raízes.

Acredita-se que a faixa ideal para promover a emissão de raízes, para a maioria das espécies de eucalipto, seja de 20-25 °C nas folhas e 25-30 °C na região de emissão de raízes, ademais grandes variações de temperatura são deletérias neste processo (ALFENAS et al., 2009).

Altas temperaturas podem promover a brotação da parte aérea antes do enraizamento, além da elevação da transpiração e comprometimento na manutenção das folhas, gemas e ramos. Em contrapartida, temperaturas muito baixas diminuem o metabolismo das miniestacas, que demoram ou não iniciam o crescimento radicular (XAVIER et al., 2013).

Durante a fase de emissão de raízes, em condições em que há estresse por temperatura e luminosidade, ocorrem mudanças nos processos fisiológicos da muda que culminam em menor desenvolvimento potencial (PEDROSO, 2016). Nestas condições, o vegetal utiliza mecanismos de fotoproteção, como a produção de pigmentos carotenoides, para dissipar o excesso de energia e não comprometer o organismo (TAIZ et al., 2017).

Este efeito fotoprotetor também é alcançado por meio da aplicação de filme de partículas sobre folhas e frutos, inibindo os efeitos danosos da elevada temperatura e radiação (GLENN et al., 2010; SHELLIE; KING, 2013a; CONIBERTI et al., 2013; BOARI et al., 2015). Embora a literatura não seja clara quanto à interação luminosidade e o enraizamento, muitos trabalhos indicam que há uma relação inversa nos níveis de luz natural e o enraizamento das estacas (XAVIER et al., 2013).

### **3.3 Efeitos Deletérios da Alta Temperatura e Radiação na Produção Vegetal**

Os fatores ambientais, como a temperatura e a radiação, em condições adversas, limitam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade em qualquer cultura (GONÇALVES et al., 2015).

O aumento da concentração de CO<sub>2</sub> e da temperatura na terra, associado ao efeito estufa trazem diferentes interferências na fotossíntese e no crescimento vegetal. De fato, a preocupação com a elevação da temperatura passa a ser um dos focos de estudo da fisiologia vegetal, uma vez que este é um fator estressante para plantas C3, pois a elevação da temperatura

estimula as taxas de fotorrespiração e aumenta o gasto energético para assimilação de CO<sub>2</sub> (TAIZ et al., 2017).

Altos níveis de radiação solar, acima da capacidade de utilização da fotossíntese, podem causar fotoinibição e posteriormente fotodestruição dos pigmentos fotossintéticos (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009). O aumento da temperatura do ar, por sua vez, afeta a disponibilidade de água à planta por elevar as taxas de evapotranspiração (LEGOAS, 2016).

A alta temperatura e a baixa umidade relativa do ar proporcionam ao ambiente uma maior demanda evaporativa atmosférica (TATAGIBA et al., 2016; FIGUEIREDO et al., 2011) e de fato pode induzir ao fechamento estomático, como resposta a evitar a perda de água para a atmosfera.

Sob temperaturas elevadas, as plantas utilizam a transpiração como forma de reduzir a temperatura foliar, entretanto, quando altas temperaturas ocorrem acompanhadas de deficiência hídrica no solo ou alta umidade relativa do ar a transpiração é restringida culminando em estresse térmico (TAIZ et al., 2017). Em resposta, há redução da área foliar, murcha de folhas, senescência e estagnação de crescimento, e, em condições mais severas, a morte da planta.

O fotoperíodo, o fluxo de fótons e o comprimento de onda influenciam na qualidade da planta matriz e posterior enraizamento de estacas. Em níveis ideais de luz, a planta armazena uma quantidade mínima de auxina endógena necessária à indução de raízes, por outro lado, quando os níveis de radiação são muito altos há uma fotodestruição desse hormônio (HARTMANN et al., 2011). O excesso de luminosidade danifica a proteína D1 do fotossistema II, resultando em fotoinibição (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009), e aliado à altas temperaturas provocam lesão solar, degradando a clorofila e danificando o sistema fotossintético (SHARMA et al., 2015).

A ocorrência de estresse na produção de mudas é ainda mais danosa, ao se tratar de um processo complexo e sensível a mudanças, principalmente na fase de enraizamento de miniestacas, cujo material vegetal é muito vulnerável à perda de água.

Para evitar a perda de propágulos no enraizamento, é importante que as miniestacas sejam obtidas com máximo vigor vegetativo e de turgidez, que a planta matriz esteja em boas condições fisiológicas, de sanidade e de nutrição mineral, e que haja um controle das condições ambientais. Por se tratar de um material muito vulnerável ao estresse hídrico, que ainda não possui um sistema radicular que permita a reidratação dos tecidos (XAVIER et al., 2013).

Buscando maximizar as condições fisiológicas das minicepas de eucalipto, Xavier (2014) sugere a suplementação de luz artificial e o controle de temperatura em minijardim

clonal. Cunha et al. (2009) observaram em minijardim clonal de eucalipto correlações negativas em relação a temperatura e enraizamento. Temperaturas muito altas podem provocar brotação na parte aérea antes do enraizamento, dessa forma o propágulo passa a perder mais água por transpiração (XAVIER et al., 2013).

Pedroso (2016), estudando a propagação de diferentes clones de eucalipto, observou que o aumento da radiação solar e, conseqüentemente, da temperatura, culminou em menores taxas de enraizamento.

### **3.4 Filme de Partículas Protetoras**

A aplicação de filme de partículas sobre a folha tem sido utilizada em diversas culturas, com o objetivo da diminuição de estresse por temperatura ou déficit hídrico (ROSATI et al., 2007) além do controle de pragas (GLENN et al., 2014; SILVA; SILVA, 2015). A camada criada por este filme de partículas minimiza os efeitos de estresse por temperatura na fisiologia e produtividade das culturas (CANTORE et al., 2009).

Para Sharma et al. (2015), um filme de partículas ideal para a horticultura deve ser quimicamente inerte, com diâmetro inferior a 2  $\mu\text{m}$ , formar uma película uniforme e bem distribuída sobre a área de contato, que não interfira nas trocas gasosas e no funcionamento estomático. Que transmita a radiação fotossinteticamente ativa, mas reflita radiações ultravioletas e infravermelhas até certo ponto, interfira no comportamento de insetos ou patógenos além de ser facilmente removido dos produtos colhidos.

Quando diluído em água e pulverizado sobre as folhas de plantas, forma um filme de partículas, atuando de forma semelhante a um “protetor solar”, criando uma barreira aos efeitos danosos da radiação e temperatura. A cor branca e a formulação dos filmes de partículas à base de caulim aumentam o albedo na superfície da área coberta com o produto, seja folha ou fruto, atribuindo alta reflectância nos comprimentos de ondas UV e infravermelhos (SHELLIE; KING, 2013b). Assim, a redução dos danos causados pela radiação UV é possível pela reflexão da luz por tais filmes (SHARMA et al., 2015).

As primeiras pesquisas surgiram na década de 90 com o uso do caulim hidrofóbico, um produto em pó coberto por partículas de silicone, que precisava ser associado ao metanol para obter melhor aderência, e que buscava verificar o efeito na redução de danos oriundos da exposição à radiação solar (TURATI, 2008).

Em seguida, após o Departamento de Transporte dos EUA listar o metanol como produto perigoso, passou-se a adotar a utilização do caulim hidrofílico, que não possuía cobertura de silicone, associado a um espalhante adesivo M03 difundido comercialmente em

1999. Em 2001, foi substituído por um produto que já possuía o espalhante adesivo em sua fórmula, sendo a principal formulação comercial adotada (GLENN; PUTERKA, 2005).

Assim, o filme de partículas protetoras a base de caulim é um produto constituído de caulim calcinado purificado, um mineral composto de silicato de alumínio ( $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ ) de cor branca e baixo teor abrasivo, quimicamente inerte, que se dispersa facilmente em água. Contendo adjuvantes em sua fórmula que facilitam a adesão das partículas à superfície aplicada (GLENN et al., 2010), de forma a preservar o produto na superfície de contato por um período de tempo maior (GLENN; PUTERKA, 2005). Atualmente, o caulim se encontra na lista dos produtos que podem ser utilizados na produção de alimentos orgânicos do Instituto de Revisão de Materiais Orgânicos (OMRI, 2018).

A aplicação de caulim tem sido amplamente estudada em cultivos distintos, como tomate (CANTORE et al., 2009), maçã (GLENN, 2009), mamão (CAMPOSTRINI et al., 2010) e uva (GLENN et al., 2010; SHELLIE; KING, 2013a), apresentando efeito favorável na regulação da temperatura das folhas e frutos, distribuição de luz no dossel, captação de carbono foliar e eficiência do uso da água, além de atrasar o processo de maturação em frutos, melhorar a resposta ao estresse hídrico e diminuir os efeitos nocivos do calor e da seca (BOARI et al., 2015).

Esta tecnologia tem se mostrado muito útil para evitar os efeitos negativos da exposição solar, reduzindo a temperatura de frutos em 5,7 °C e protegendo-os de queimaduras solares (CONIBERTI et al., 2013). Em cultivos de romã, por exemplo, promove a redução do número de frutas não comercializáveis, e a diminuição da temperatura em 2,5 °C em folhas e 4,9 °C em frutas, em relação ao controle (MELGAREJO et al., 2004).

Assim, o caulim tem se apresentado na bibliografia com as principais funções de aliviar o estresse térmico e controlar parasitas, e, além disso, como um antitranspirante eficiente para diminuir os efeitos da seca e salinidade, reduzir o choque de transplante e economizar a água em regiões secas (BOARI et al., 2015).

Em espécies de eucalipto, a aplicação de filme de partículas a base de carbonato de cálcio, apresentou resposta favorável no crescimento, status hídrico e trocas gasosas sob estresse hídrico em condições de alta demanda atmosférica (XAVIER et al., 2018).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

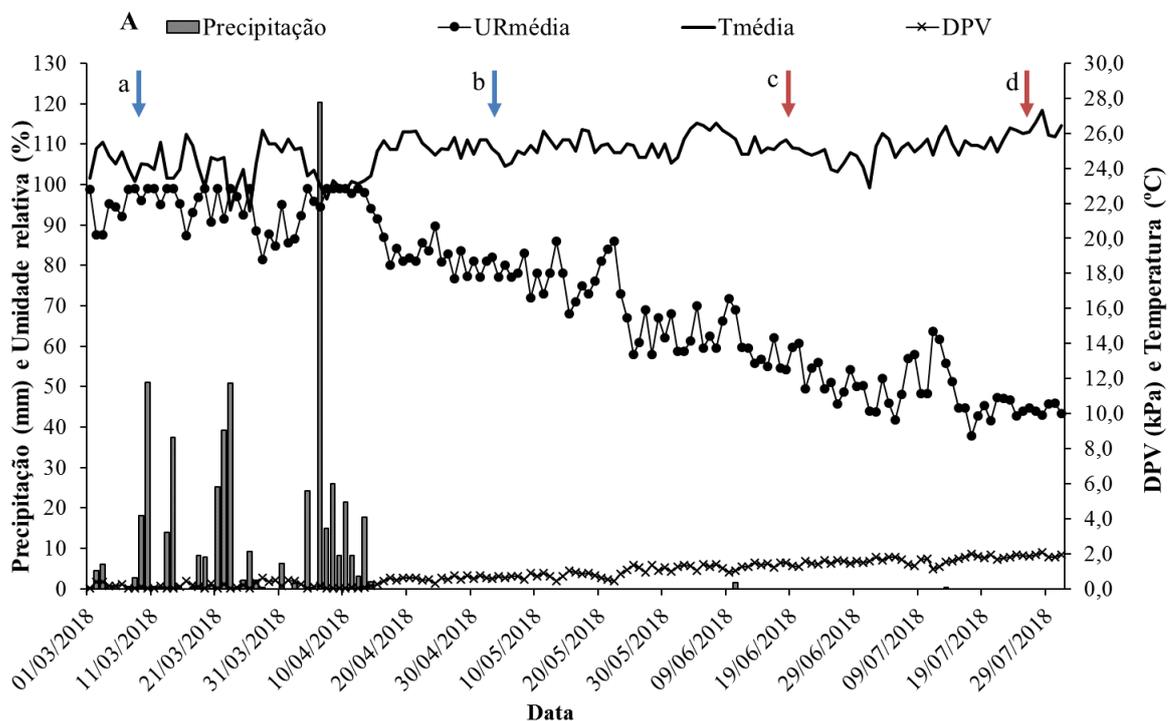
### 4.1 Área experimental

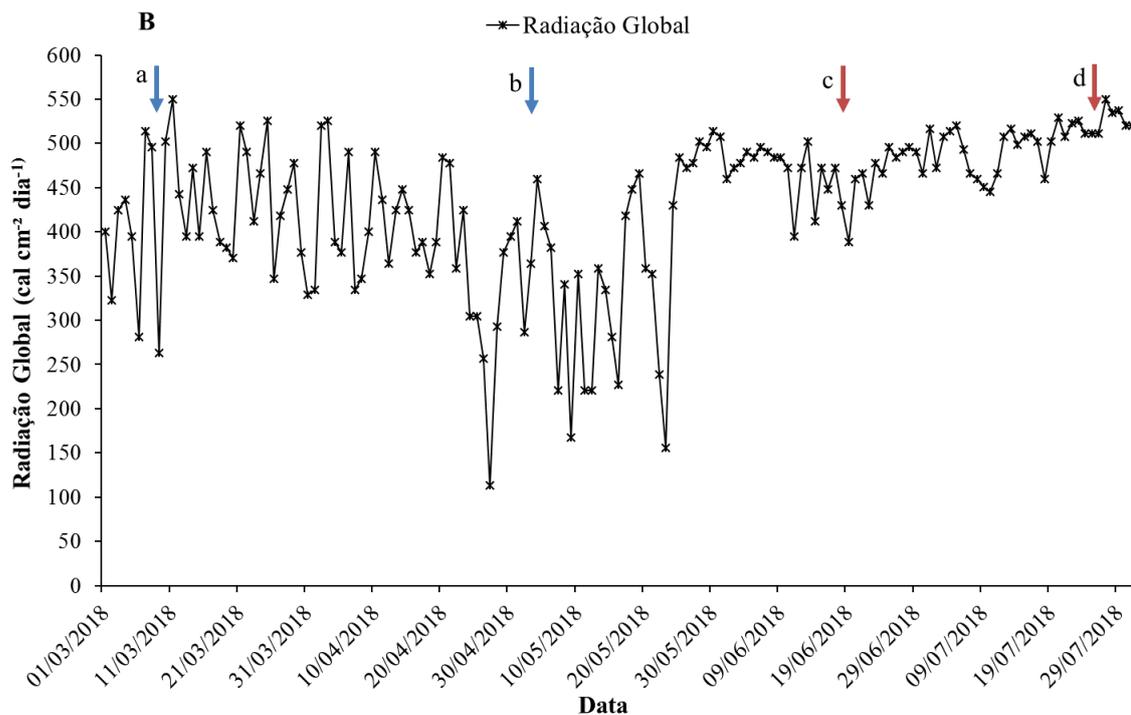
O experimento foi conduzido no viveiro Enraíze, localizado no município de Açailândia, no estado do Maranhão, destinado à produção de mudas clonais de eucalipto para atender o mercado de carvão vegetal para siderurgia.

Segundo a classificação de Köppen e Geiger, o clima da região é do tipo Aw (quente e úmido), com temperaturas que oscilam entre 21,7 e 32,2 °C e pluviosidade média anual de 1635 mm, com chuvas mal distribuídas, concentrando-se uma época chuvosa nos meses de novembro a abril e um período seco de maio a outubro (CORREIA FILHO, 2011).

As avaliações foram realizadas em duas épocas distintas, durante a estação chuvosa, nos meses de março a maio, e na época seca, entre os meses de junho a agosto. Os dados referentes ao acumulado de precipitação diária, umidade relativa média, temperatura média e déficit de pressão de vapor (DPV) são apresentados na Figura 1A e a radiação global na Figura 1B, obtidos junto ao Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão.

**Figura 1** – Dados de precipitação, umidade relativa média (UR), temperatura média (T) e déficit de pressão de vapor médio (DPV) (A) e Radiação global (B), durante o período de avaliação das minicepas de eucalipto em minijardim clonal, localizado no município de Açailândia-MA, entre os meses de março a agosto de 2018. Letras minúsculas marcam o início e o fim das avaliações em cada período, chuvoso (a; b) e seco (c; d).





## 4.2 Implantação do experimento

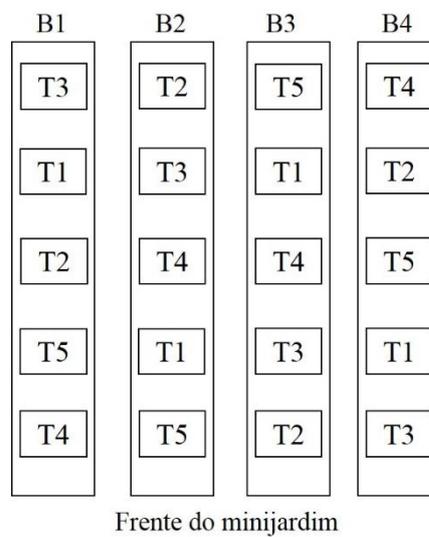
O experimento foi instalado, no minijardim clonal, manejado em canaletões com dimensões de 16 metros de comprimento por 1 metro de largura, com leito de areia lavada e sistema de fertirrigação por gotejamento, com irrigação quatro vezes ao dia e duração de 15 min, à uma vazão de  $1,5 \text{ L h}^{-1}$  e condutividade elétrica ajustada entre 1 a  $1,3 \text{ mScm}^{-1}$ . O material genético utilizado foi um clone, híbrido de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*, sendo as minicepas plantadas nos canaletões no mês março de 2017, com espaçamento de 10 cm x 10 cm. Durante a época chuvosa a área do minijardim foi mantida sob uma lona plástica (Figura 2A) para impedir que o produto fosse lavado com as chuvas, contudo durante a época seca a mesma foi retirada (Figura 2B).

Os tratamentos foram distribuídos em quatro canaletões, compondo as quatro repetições. Nos canaletões, cada um dos tratamentos ocupava uma área de  $1 \text{ m}^2$ , contendo 100 minicepas. A Figura 3 ilustra a distribuição dos tratamentos e repetições.

**Figura 2** – Vista do minijardim clonal de eucalipto com a manutenção da lona plástica durante a época chuvosa (A) e sem durante a época seca (B).



**Figura 3** - Disposição dos tratamentos nos canaletões. Onde: B são blocos e R repetições.



Com o intuito de verificar possíveis ocorrências de fitotoxicidade pela aplicação do caulim e do óleo mineral, e para definir a metodologia de aplicação, com o objetivo de proporcionar boa distribuição do produto nas minicepas, foi realizado um pré-teste. Apenas o tratamento controle com pulverização de água e óleo a 1% apresentou sinais de fitotoxicidade e, por este motivo, não foi acrescentado o óleo mineral ao controle, aplicando somente água neste tratamento.

A aplicação do filme de partículas a base de caulim calcinado foi realizada por meio da pulverização da calda sobre a parte adaxial das folhas das minicepas no minijardim clonal, sendo o tratamento controle com a pulverização somente de água (Tratamento 1) e os demais tratamentos com diluição em água de óleo mineral a 1% de concentração e adição do produto nas concentrações de 3% (Tratamento 2), 5% (Tratamento 3), 7% (Tratamento 4) e 10% (Tratamento 5) de volume de calda.

A calda foi preparada com pré-mistura para, posteriormente, ser colocada no pulverizador, de modo a favorecer a homogeneização da calda.

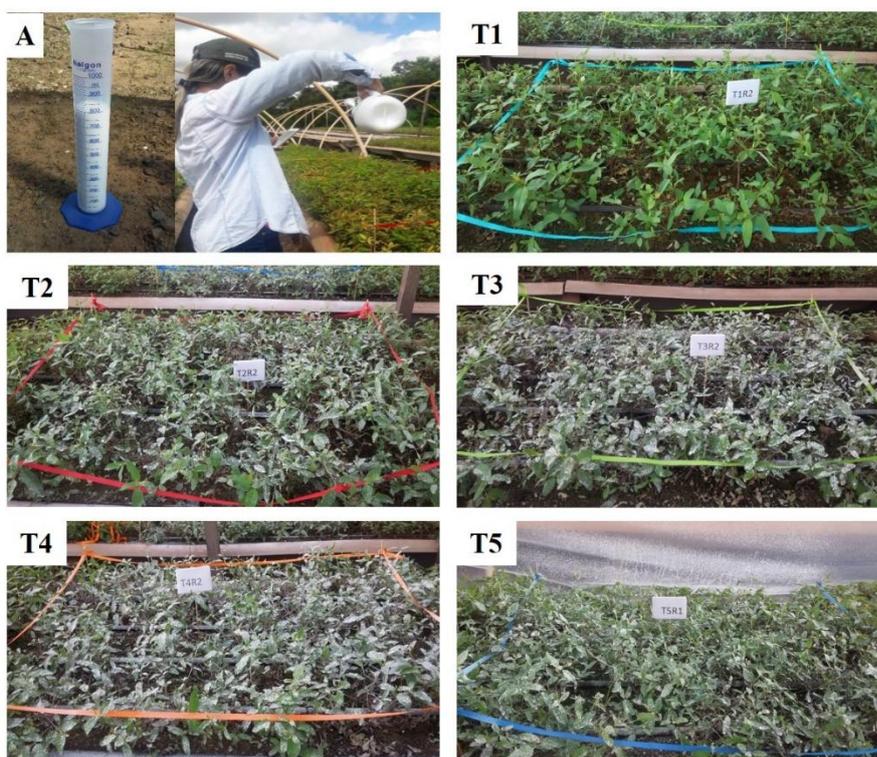
Os tratamentos foram aplicados após a realização de uma poda de formação nas minicepas, de forma a homogeneizar todas as matrizes. Após a poda de formação, foi feita a primeira aplicação de filme de partículas de caulim calcinado e sete dias após esta aplicação, foi realizada a primeira coleta de miniestacas, aplicando-se o produto novamente ao final desta coleta. De forma que entre os intervalos de cada coleta de brotações fosse feita uma aplicação do produto sete dias antes. Em cada uma das duas épocas avaliadas foram realizadas seis coletas de propágulos.

Para a pulverização da calda, foi utilizado um pulverizador manual de compressão prévia, com capacidade de 1,25 L (Figura 4). A cada aplicação a haste da bomba foi pressurizada continuamente até se encontrar resistência. A pulverização foi feita a uma distância de 50 cm das minicepas, distribuindo o jato sobre a parcela de forma homogênea por 40 segundos.

Para estimar a quantidade de produto aplicado por área ( $\text{cm}^2$ ), foi realizada a pulverização do produto durante 40 s em uma área de 1  $\text{m}^2$  com cinco placas de petri, previamente pesadas, distribuídas aleatoriamente para coleta do produto, simulando a aplicação realizada nas minicepas.

Após a secagem do produto, as placas foram novamente pesadas e sua área calculada para obtenção da quantidade de produto aplicado em  $\text{g cm}^{-2}$ . Ao final, foram obtidos os valores de 4,2; 8,0; 8,5 e 11,8  $\text{g cm}^{-2}$  referentes à aplicação de calda com concentração de 3%, 5%, 7% e 10% de caulim, respectivamente.

**Figura 4** - Aplicação de caulim calcinado (A) e visão geral dos tratamentos após a aplicação do produto.



#### 4.4 Avaliações fisiológicas no minijardim clonal

As campanhas para obtenção dos parâmetros fisiológicos foram realizadas duas vezes em cada época de avaliação, nos meses de março e abril, compreendendo a época chuvosa, e nos meses de junho e julho, abrangendo a época seca. As avaliações eram realizadas pela manhã, das 7:00 às 9:00 e à tarde, de 12:00 às 14:00, antes das coletas de miniestacas.

##### *Trocas gasosas*

As informações referentes à assimilação de  $\text{CO}_2$  (A), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração (E), relação concentração interna e concentração do ambiente de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ), foram obtidas com o auxílio de um Analisador de Gás por Infravermelho (IRGA, LI-6400). Para tanto, o equipamento foi ajustado a um fluxo de fótons fotossintéticos de  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . As avaliações foram realizadas em folhas saudáveis e completamente expandidas.

##### *Eficiência do uso da água (EUA) e eficiência intrínseca do uso da água (EIUA)*

Os valores referentes à EUA foram estimados através da relação entre os valores da assimilação de  $\text{CO}_2$  e da transpiração foliar, e a eficiência intrínseca do uso da água (EIUA)

mediante a relação entre a assimilação de CO<sub>2</sub> e a condutância estomática, sendo utilizados os dados obtidos por intermédio da avaliação de trocas gasosas.

#### *Temperatura foliar*

A temperatura foliar foi obtida com auxílio de um termógrafo infravermelho – Flir E5, posicionado a cerca de 30 cm de distância das folhas. As imagens foram tratadas no programa Flir Tools, próprio da marca do termógrafo, posicionando um retângulo de 0,001 m<sup>2</sup> no centro da nervura da folha para obtenção da média de temperatura de cada folha.

#### *Rendimento quântico máximo do fotossistema II*

Nas mesmas folhas em que foram realizadas as avaliações das trocas gasosas, foi feita a avaliação da relação Fv/Fm (rendimento quântico máximo do fotossistema II) com o auxílio do fluorímetro portátil Pocket – PEA (Hansatech). Para esta avaliação, a folha foi adaptada ao escuro por um período de 30 minutos utilizando pinças específicas para a análise (BOLHAR-NORDENKAMPF et al., 1989). Esta adaptação é necessária para que os centros de reações estejam completamente abertos e a Quinona *a* seja completamente oxidada.

#### *Intensidade de verde*

A intensidade de verde das folhas foi avaliada com o auxílio do medidor portátil de clorofila (SPAD-502 Plus, Konica Minolta), com cada avaliação obtida da média de cinco coletas realizadas em diferentes folhas da minicepa.

### **4.5 Avaliações de crescimento das brotações**

#### *Comprimento e diâmetro das brotações*

Em cada período de coleta, para cada parcela, foram utilizadas cinco brotações para as análises de comprimento e diâmetro, utilizando régua graduada e paquímetro digital, respectivamente. O diâmetro foi medido na base de cada brotação e o comprimento da base até a gema apical.

#### *Massa seca da brotação*

Para obtenção da massa seca das brotações, após coletadas e avaliadas quanto ao comprimento e ao diâmetro, foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa a 60 °C por 48 horas. Para então serem pesadas em balança analítica de precisão para a determinação da massa seca.

### *Massa foliar específica*

Para obtenção da massa foliar específica foram coletados cinco discos foliares frescos em uma folha das miniestacas. Estes foram dispostos em sacos de papel e levados para secar em estufa a 60 °C por 48 horas. Após a secagem, estes discos eram pesados em uma balança analítica de precisão para posterior cálculo da massa foliar específica, obtida por meio da Equação 1 (DEUS, 2014):

$$\text{MFE} = \text{MSF}/\text{AF} \quad (1),$$

onde,

MFE = massa foliar específica;

MSF = massa seca foliar;

AF = área foliar.

### *Produção de miniestacas*

A produção foi obtida por meio da contagem da coleta de todas as brotações com tamanho mínimo de 8 cm por cada parcela que ocupava uma área de 1 m<sup>2</sup>.

### *Enraizamento*

Após a saída da casa de nebulização, as mudas foram avaliadas quanto ao percentual de enraizamento, utilizando-se 10 mudas de cada parcela. O percentual de enraizamento foi obtido por meio de contagem das mudas com sistema radicular exposto no fundo dos tubetes e pela resistência ao leve toque (FREITAS et al., 2006).

### *Índice de produtividade*

O índice de produtividade foi calculado pela Equação 2 (ALFENAS et al., 2009).

$$\text{IP} = \text{NM} \times \text{E} \quad (2),$$

onde,

IP = índice de produtividade;

NM = número médio de miniestacas produzidos por minicepa/m<sup>2</sup>;

E = enraizamento (%).

#### **4.6 Coleta e estaqueamento de miniestacas**

A cada 7 dias e após a avaliação dos tratamentos, foram realizadas as coletas das brotações para a avaliação do comprimento, do diâmetro, da massa seca, da massa foliar específica, além do estaqueamento para a produção de mudas.

A cada período de coleta, todas as miniestacas produzidas foram contadas com o intuito de calcular a produção por m<sup>2</sup>, e destas, apenas 100 eram estaqueadas por parcela para a avaliação do enraizamento. As miniestacas, que apresentavam 8 cm de comprimento, foram estaqueadas em tubetes de polietileno com capacidade volumétrica de 53 cm<sup>3</sup>, dispostos em bandejas, contendo substrato composto de proporções iguais de casca de arroz carbonizada e de fibra de coco, acrescido de fertilizantes a uma proporção de 1,5 kg de supersimples e 3 kg de basacote mini 3M 13-06-16 por m<sup>3</sup> de substrato.

As mudas, após o estaqueamento, eram levadas para casa de enraizamento, mantendo o delineamento adotado no minijardim clonal, e logo recebiam uma pulverização de fungicida como ação para prevenção de doenças, onde permaneciam por 21 dias, até a avaliação do percentual de enraizamento. A irrigação na casa de vegetação tinha uma duração de 1 min a cada 5 min, com microaspersores de vazão de 35 L h<sup>-1</sup>.

A avaliação da produtividade foi realizada considerando todos os propágulos coletados, as avaliações das brotações foram realizadas em apenas cinco minicepas por tratamento e repetição, escolhidas aleatoriamente dentro do bloco, evitando-se a bordadura, e as avaliações de enraizamento foram feitas com 10 mudas por parcela.

#### **4.8 Delineamento Experimental**

Os experimentos foram instalados em esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições, no delineamento em blocos casualizados. As parcelas foram constituídas de cinco doses de caulim calcinado purificado (0, 3%, 5%, 7% ou 10% de volume de calda) e as subparcelas foram constituídas de duas medições ou seis coletas de miniestacas.

Cada tratamento foi composto por 100 minicepas (01 m<sup>2</sup>, com espaçamento de 10 cm x 10 cm), totalizando 500 unidades experimentais por bloco e 2000 no total. O delineamento na casa de vegetação seguiu o adotado no minijardim clonal, sendo cada parcela composta por 100 mudas estaqueadas.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conjunta e de regressão. As médias das variáveis afetadas pelas coletas ou medições foram comparadas pelo teste F ou pelo teste de Tukey. As doses de caulim calcinado purificado foram submetidas à análise de regressão e os modelos foram escolhidos com base no sentido biológico e na

significância dos coeficientes de regressão pelo teste t. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico ExpDes.pt (FERREIRA et al., 2013) do software livre R (R CORE TEAM, 2016) ao nível de até 5% de probabilidade.

## 5 RESULTADOS

Os níveis de significância das fontes de variação para as variáveis de crescimento das brotações e produção de miniestacas e intensidade de verde estão apresentados na Tabela 1, considerando subparcelas compostas de 6 coletas de miniestacas. Na Tabela 2 são apresentadas os níveis de significância das fontes de variação para as variáveis fisiológicas, considerando subparcelas compostas de 2 avaliações nas miniestacas.

**Tabela 1**– Níveis de significância dos efeitos fixos de época (E), doses (D) e coletas de miniestacas (C) ou medições (M) e interações entre esses fatores sobre comprimento de brotações (*c*), diâmetro de brotações (*d*), massa seca de brotações (MSB), massa foliar específica (MFE), produção (P), produtividade (prod), índice de produtividade (IP), enraizamento (E%), índice de verde avaliado pela manhã (SPAD-M) e índice de verde avaliado pela tarde (SPAD-T), de minicepas de eucalipto.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b><i>c</i></b>	<b><i>d</i></b>	<b>MSB</b>	<b>MFE</b>	<b>P</b>	<b>prod</b>	<b>IP</b>	<b>E%</b>
E	1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
D	4	0,009	0,030	-	<0,001	-	-	-	0,006
C	5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,010	<0,001
ExD	4	0,043	-	-	-	-	-	-	-
ExC	5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,020	<0,001	<0,001
DxC	20	-	-	-	-	-	0,024	-	-
ExDxC	20	-	-	-	-	-	-	-	-

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SPAD- M</b>	<b>SPAD- T</b>
E	1	<0,001	<0,001
D	4	<0,001	<0,001
M	5	<0,001	<0,001
ExD	4	<0,001	-
ExM	5	<0,001	<0,001
DxM	20	-	0,014
ExDxM	20	-	-

**Tabela 2** – Níveis de significância dos efeitos fixos de época (E), doses (D) e medições (M) e interações entre esses fatores sobre a assimilação fotossintética do CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (g<sub>s</sub>), transpiração (E), eficiência no uso da água (EUA), eficiência intrínseca no uso da água (EIUA), temperatura foliar (T), Rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm) e relação carbono interno e externo (C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub>), de minicepas de eucalipto avaliadas nos horários da manhã e da tarde.

	FV	GL	A	g <sub>s</sub>	E	EUA	EIUA	T	Fv/Fm	C <sub>i</sub> /C <sub>a</sub>
<b>07h</b> às <b>09h</b>	E	1	0,041	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	D	4	0,018	-	-	0,033	0,039	-	0,003	0,023
	M	1	0,019	0,011	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	-
	ExD	4	0,009	-	-	0,009	0,003	-	-	0,002
	ExM	1	-	0,045	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	-
	DxM	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	ExDxM	4	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>12h</b> às <b>14h</b>	E	1	<0,001	0,010	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	0,042
	D	4	-	-	-	-	-	-	0,002	-
	M	1	<0,001	0,002	<0,001	-	-	-	-	-
	ExD	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	ExM	1	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	0,019	<0,001	0,002
	DxM	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	ExDxM	4	-	-	-	-	-	0,013	-	-

### 5.1 Condições Climáticas

O estudo foi realizado em duas épocas distintas, uma caracterizada como chuvosa e outra como seca. Os dados médios observados nos períodos foram de 24,7 e 25,4 °C de temperatura, 85,7% e 52,4% de umidade relativa, 5,83 e 0,03 mm de precipitação média acumulada, 392,5 e 485,6 cal cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de radiação global e 0,46 e 1,55 kPa de déficit de pressão de vapor (DPV) nas épocas chuvosa e seca, respectivamente.

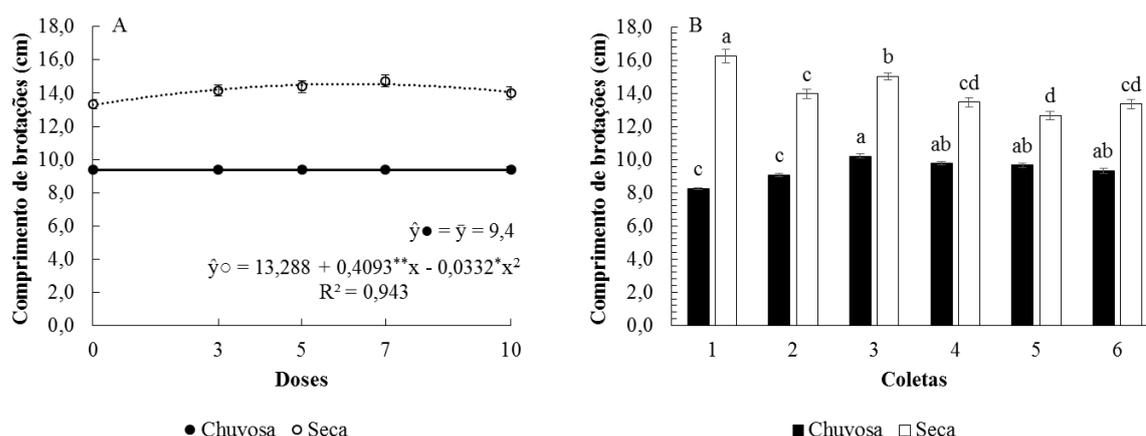
Esses valores médios representam uma redução de 38,8% na umidade e 99,5% na precipitação, e um aumento de 3,1% na temperatura média, 23,7% na radiação global e 237% no DPV, da época chuvosa para a época seca.

## 5.2 Crescimento de brotações e Produção de Miniestacas

A interação entre doses de caulim calcinado e épocas do ano, e a interação entre épocas do ano e coletas influenciaram o comprimento das brotações (Tabela 1). As doses de caulim não afetaram o comprimento das brotações na época chuvosa, com média de 9,4 cm, e influenciaram de forma crescente e quadrática o comprimento das brotações na época chuvosa (Figura 5A).

Na época chuvosa, as coletas de miniestacas apresentaram a maior média de comprimento de brotações na terceira coleta com as médias seguintes estatisticamente iguais, já na época seca o comportamento foi decrescente entre as coletas (Figura 5B).

**Figura 5** – Efeitos de doses de caulim dentro de épocas do ano no comprimento de brotações em minicepas de eucalipto (A) e os efeitos das coletas de miniestacas dentro de épocas do ano no comprimento de brotações em minicepas de eucalipto (B). As regressões foram ajustadas dentro de cada época. \* e \*\*: significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente. As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



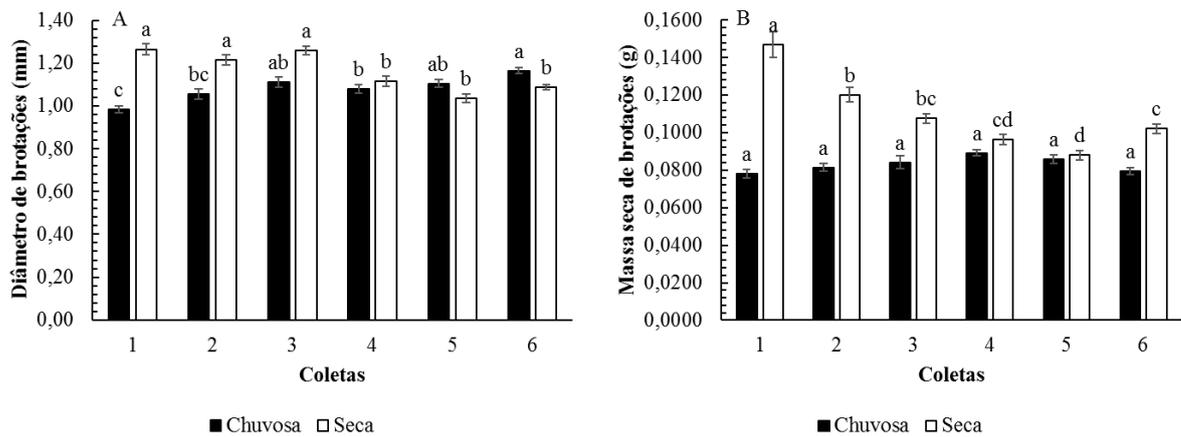
O diâmetro das brotações exibiu um modelo linear decrescente de 0,0059 mm ao aumento de uma dose de caulim e a massa seca das brotações não sofreu alterações com a aplicação do produto, exibindo valores médios 0,0830 e 0,1101 g, nas estações chuvosa e seca, respectivamente.

No entanto, houve efeito da interação entre as épocas do ano e as coletas sucessivas de miniestacas nestas variáveis (Tabela 1). Na época chuvosa, a sexta coleta de miniestacas apresentou a maior média de diâmetro de brotações, mas não diferiu estatisticamente da terceira

e quinta coleta de miniestacas. Na época seca, as três primeiras coletas apresentaram as maiores médias, mas não diferiram estatisticamente entre si (Figura 6A).

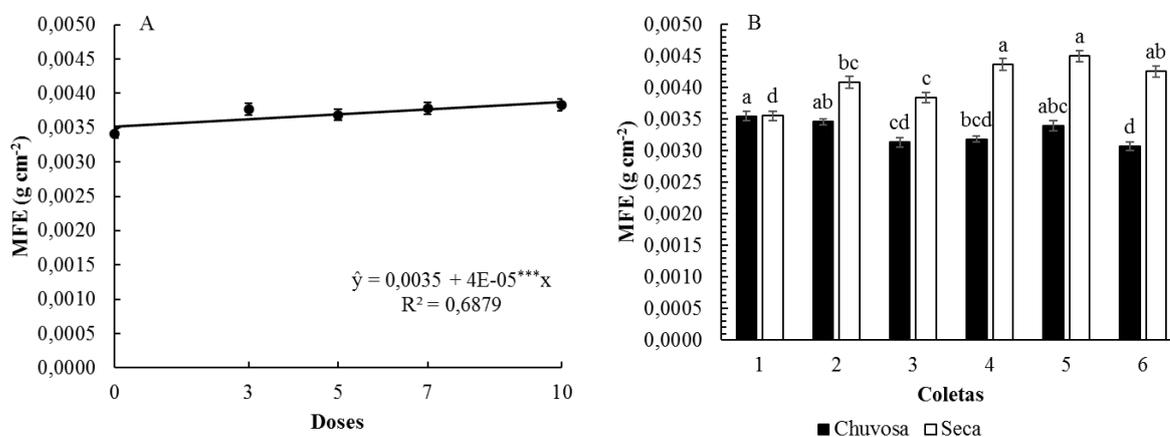
A massa seca de brotações não apresentou diferenças entre as coletas de miniestacas na época chuvosa, enquanto que no período seco, o ajuste foi decrescente com menor média na quinta coleta e redução de 40,1% em relação a primeira, estatisticamente superior (Figura 6B).

**Figura 6** – Efeitos das coletas de miniestacas dentro de épocas do ano no diâmetro (A) e massa seca (B) de brotações em minicepas de eucalipto. As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



O efeito da aplicação das doses de caulim sobre a massa foliar específica apresentou ajuste linear positivo de  $0,00004 \text{ g cm}^{-2}$  ao incremento de uma dose do produto (Figura 7A). A interação entre as épocas do ano e as coletas apresentou médias iguais e superiores às demais coletas, nas coletas 1, 2 e 5 na época chuvosa, enquanto que na época seca, este resultado foi observado nas três últimas coletas (Figura 7B).

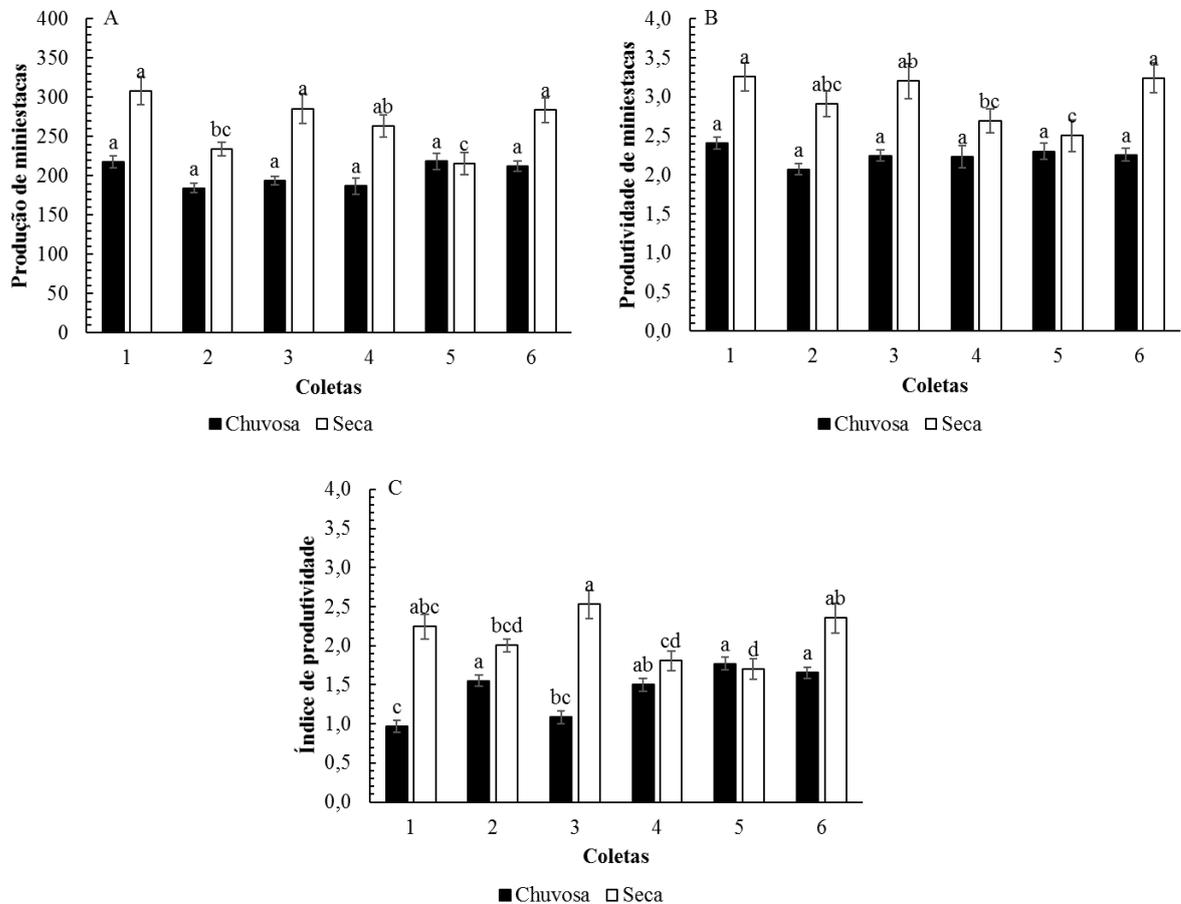
**Figura 7** – Efeitos das doses de caulim na massa foliar específica - MFE ( $\text{g cm}^{-2}$ ) em minicepas de eucalipto (A) e os efeitos das coletas de miniestacas dentro de épocas do ano na massa foliar específica - MFE ( $\text{g cm}^{-2}$ ) em minicepas de eucalipto (B). A regressão foi ajustada para todo o experimento. \*\*\*: significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste “t”. As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



Na interação entre as épocas do ano e as coletas sucessivas, a produção e a produtividade de miniestacas não diferiram entre as coletas na época chuvosa (Figura 8A e B) e o índice de produtividade apresentou médias iguais e superiores às demais nas coletas 2, 4, 5 e 6.

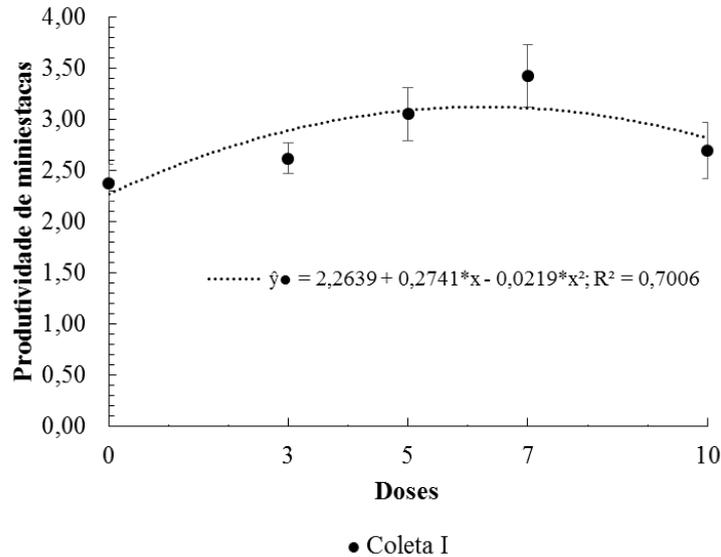
Na época seca, a produção de miniestacas foi estatisticamente igual e superior nas coletas 1, 3, 4 e 6 (Figura 8A), a produtividade nas coletas 1, 2, 3 e 6 (Figura 8B) e o índice de produtividade nas coletas 1, 3 e 6 (Figura 8C).

**Figura 8** – Efeitos das coletas de miniestacas dentro de épocas do ano na produção (A), produtividade (B) e índice de produtividade (C) em minicepas de eucalipto. As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



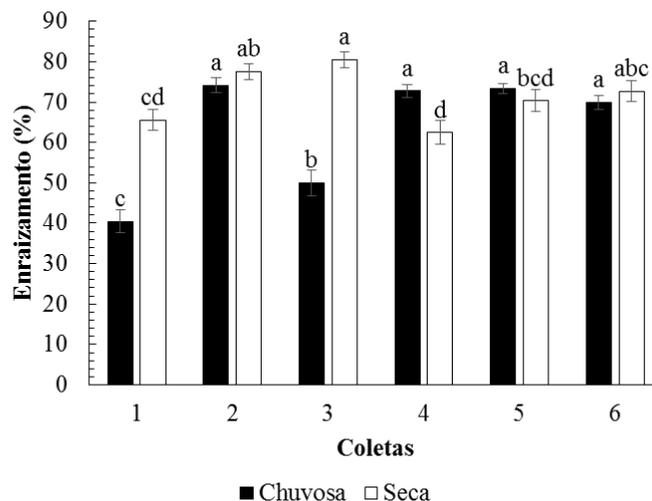
A interação entre doses de caulim calcinado e a primeira coleta de miniestacas influenciaram a produtividade de miniestacas de forma crescente e quadrática, com ponto de máximo estimado em 3,12 na dosagem de 6,3% (Figura 9).

**Figura 9** - Efeitos das doses de caulim e coletas de miniestacas dentro da primeira coleta de miniestacas na produtividade de miniestacas em minicepas de eucalipto. \*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



As doses caulim calcinado influenciaram no percentual de enraizamento de mudas (Tabela 1), no entanto não houve ajuste de modelo, apresentando média de 67,5%. A interação entre épocas do ano e coletas influenciaram o enraizamento. Na estação chuvosa, a baixa taxa de enraizamento inicial logo foi superada e se estabilizou na maioria das coletas (2, 4, 5 e 6), resultado também observado na estação seca, onde a recuperação e a maior taxa do % de enraizamento se manteve em 50% das coletas de miniestacas (2, 3 e 6) (Figura 10).

**Figura 10** - Efeitos das coletas de miniestacas dentro de épocas do ano no enraizamento de miniestacas de eucalipto. As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



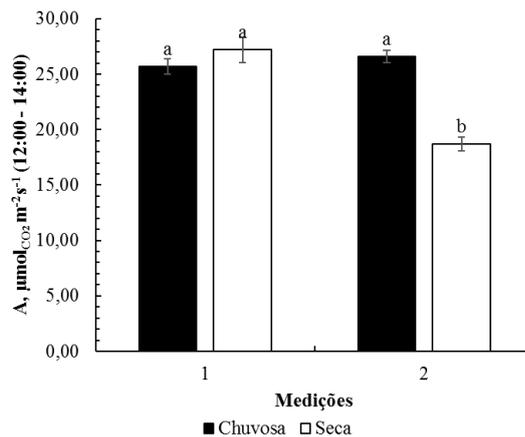
### 5.3 Avaliações Fisiológicas nas Minicepas

#### Trocas gasosas

As doses de caulim juntamente com as épocas de avaliação influenciaram na assimilação fotossintética do CO<sub>2</sub> (A) das minicepas de eucalipto no período da manhã (Tabela 2), mas não houve ajuste de modelo para explicar este efeito. Assim, a média da assimilação fotossintética do CO<sub>2</sub> pela manhã foi de 25,18 e 24,00  $\mu\text{mol}_{\text{CO}_2}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , nas épocas chuvosa e seca, respectivamente.

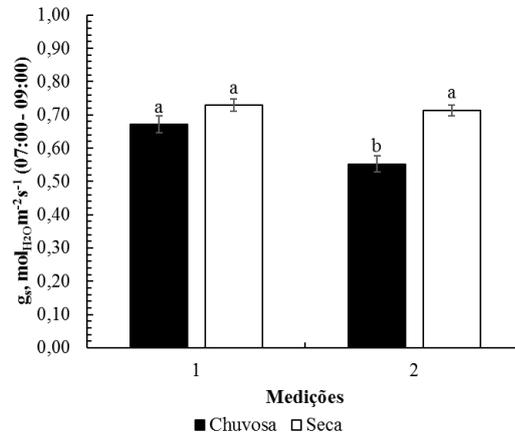
Já no horário mais quente, as doses de caulim calcinado não interferiram na assimilação de CO<sub>2</sub>, exibindo média de 26,15 e 22,95  $\mu\text{mol}_{\text{CO}_2}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , nas épocas chuvosa e seca, respectivamente. A interação entre as épocas do ano e as medições nas miniestacas apresentou efeito significativo na época seca e maior média na primeira medição, enquanto que na chuvosa a assimilação de CO<sub>2</sub> se manteve igual entre as medições (Figura 11).

**Figura 11** – Efeitos das medições de miniestacas dentro de épocas do ano na assimilação fotossintética do carbono (A) em minicepas de eucalipto avaliada à tarde. As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



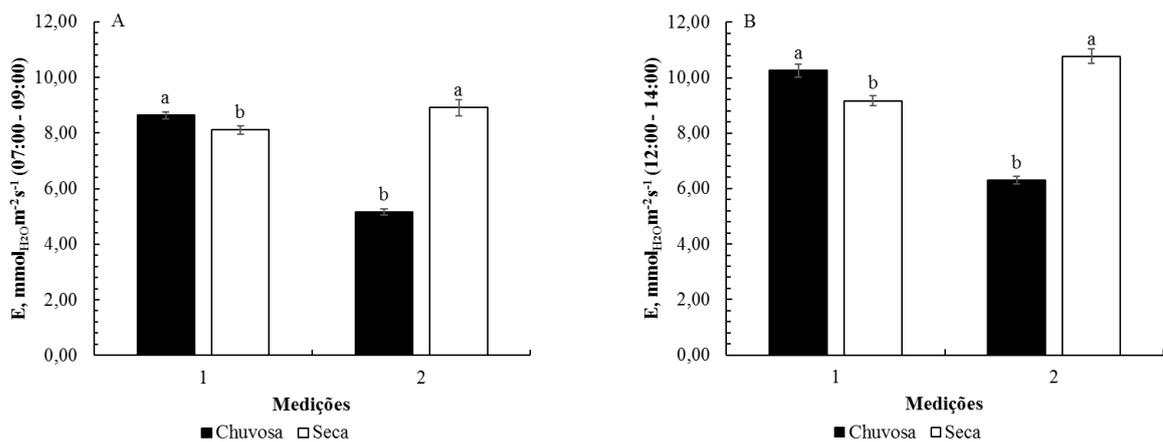
As doses de caulim não afetaram a condutância estomática ( $g_s$ ) (Tabela 2), apresentando médias de 0,67  $\text{mol}_{\text{H}_2\text{O}}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  pela manhã e 0,57  $\text{mol}_{\text{H}_2\text{O}}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  pela tarde. No entanto, na avaliação realizada pela manhã, a interação entre épocas do ano e medições apresentou com diferenças significativas na época chuvosa e maior condutância estomática na primeira medição, realizada em março (Figura 12). Na época seca as médias foram maiores e se mantiveram estatisticamente iguais.

**Figura 12** – Efeitos das medições de miniestacas dentro de épocas do ano na condutância estomática ( $g_s$ ) em minicepas de eucalipto avaliada pela manhã. As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



A transpiração não sofreu influência das doses de caulim (Tabela 2), exibindo média de  $7,71 \text{ mmol}_{\text{H}_2\text{O}}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  pela manhã e  $9,12 \text{ mmol}_{\text{H}_2\text{O}}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  à tarde. A interação entre épocas do ano e medições influenciou a transpiração de minicepas em ambos os horários de avaliação. A maior taxa de transpiração foi observada no mês de março, referente à primeira avaliação e época chuvosa, e no mês de julho, referente à segunda avaliação e época seca (Figura 13A e B).

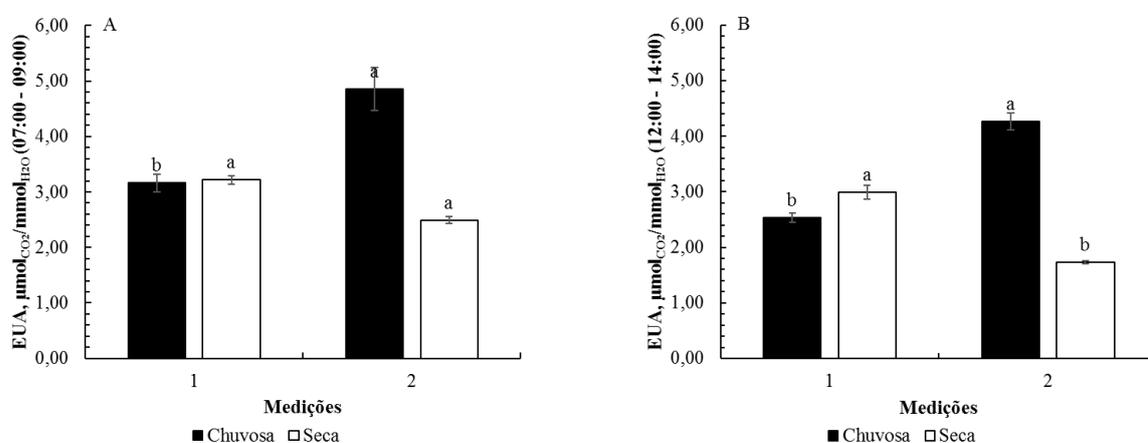
**Figura 13** – Efeitos das medições de miniestacas dentro de épocas do ano na transpiração ( $E$ ) em minicepas de eucalipto, pela manhã (A) e à tarde (B). As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



A interação entre doses de caulim calcinado e épocas do ano influenciaram a eficiência no uso da água (EUA) avaliada no horário da manhã (Tabela 2), porém não houve ajuste de modelo para explicar este efeito, assim, a média observada foi de 4,01 e 2,85  $\mu\text{mol}_{\text{CO}_2}/\text{mmol}_{\text{H}_2\text{O}}$ , na estação chuvosa e seca, respectivamente.

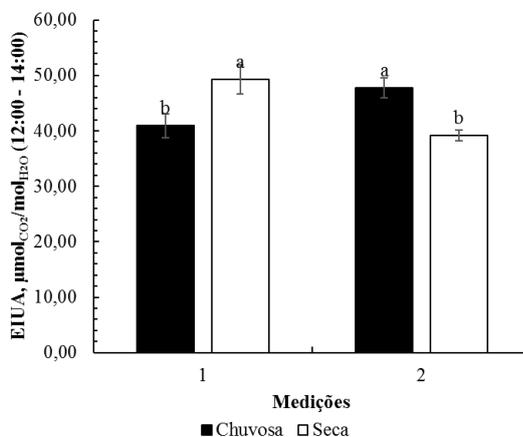
A interação entre épocas do ano e medições também influenciou esta variável no horário da manhã (Tabela 2), com diferenças significativas na época chuvosa e maior média na segunda medição - realizada em abril (Figura 14A). No horário da tarde, o resultado diferiu entre as épocas, com a segunda medição de maior EUA na chuvosa e a primeira medição na época seca (Figura 14B).

**Figura 14** - Efeitos das medições de miniestacas dentro de épocas do ano na eficiência no uso da água (EUA) em minicepas de eucalipto, pela manhã (A) e à tarde (B). As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



Assim como a EUA, a eficiência intrínseca no uso da água, avaliada no horário da manhã, foi afetada pela interação entre doses de caulim calcinado e épocas do ano (Tabela 2), porém não houve ajuste de modelo para explicar este efeito, exibindo média de 45,18 e 34,06  $\mu\text{mol}_{\text{CO}_2}/\text{mol}_{\text{H}_2\text{O}}$ , na estação chuvosa e seca, nessa ordem. No período da tarde, houve interação entre épocas e medições, com a maior EIUA na segunda medição da época chuvosa, e na primeira medição da época seca (Figura 15).

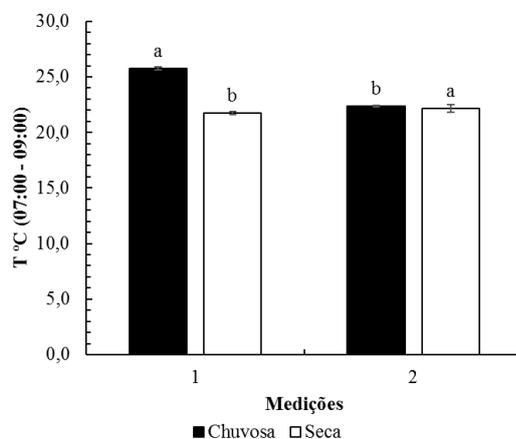
**Figura 15** - Efeitos das medições de miniestacas dentro de épocas do ano na eficiência intrínseca no uso da água (EIUA) em minicepas de eucalipto avaliadas à tarde. As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



### Temperatura foliar

As doses de caulim calcinado não afetaram a temperatura foliar (Tabela 2), assim as médias foram de 23,0 °C pela manhã e 27,7 °C à tarde. A interação entre épocas do ano e medições de miniestacas influenciaram a avaliação realizada pela manhã, com maior temperatura na primeira medição e época chuvosa e na segunda medição e época seca (Figura 16). Já à tarde, a interação entre doses de caulim, épocas do ano e medições de miniestacas influenciaram a temperatura (Tabela 2), no entanto não houve ajuste de modelo para explicar este efeito.

**Figura 16** - Efeitos das medições de miniestacas dentro de épocas do ano na temperatura foliar ( $T$ ) em minicepas de eucalipto avaliada à tarde. As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.

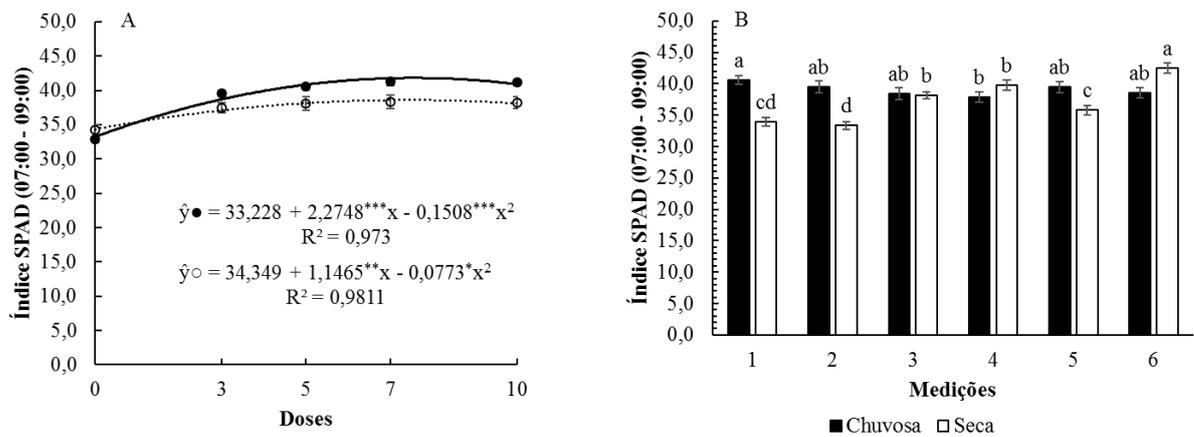


#### Intensidade de verde

A interação entre doses de caulim calcinado e épocas de avaliação afetaram o índice SPAD na avaliação realizada das 07 às 09h, de forma que, o aumento de doses de caulim contribuiu para uma coloração mais intensa nas folhas neste horário em ambas as épocas, com ponto máximo estimado de 41,8 e 38,6 índice SPAD, a uma dosagem de 7,5% e 7,4%, nas épocas chuvosa e seca, respectivamente (Figura 17A).

Neste mesmo horário, a interação entre épocas do ano e medições afetaram o índice SPAD, com médias equilibradas na época chuvosa, de modo que, somente a quarta medição de miniestacas apresentou média estatisticamente inferior às demais. Já na época seca, o índice SPAD variou entre as medições, com melhor resultado na última medição de miniestacas (Figura 17B).

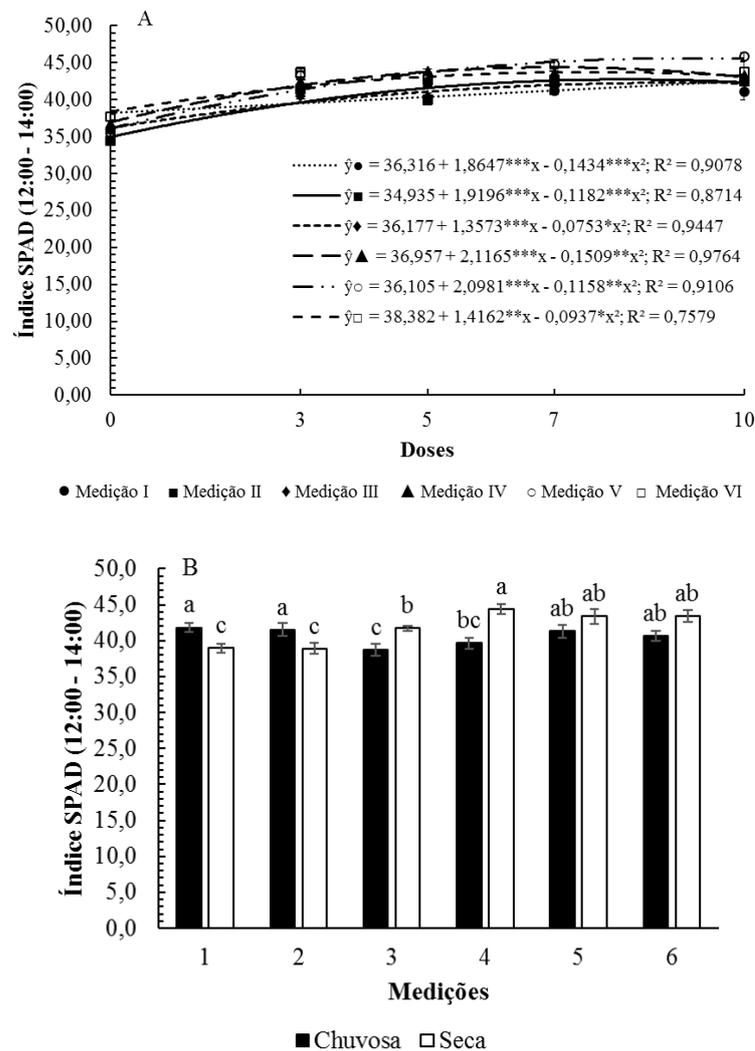
**Figura 17** - Efeitos das doses de caulim dentro de épocas do ano na intensidade de verde (índice SPAD) em minicepas de eucalipto no horário da manhã (A) e os efeitos das medições de miniestacas dentro de épocas do ano na intensidade de verde (índice SPAD) em minicepas de eucalipto no horário da manhã (B). As regressões foram ajustadas dentro de cada época. \*\*\*, \*\* e \*: significativo a 0,1%, 1% e 5% de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente. As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



No horário da tarde, a interação entre doses de caulim calcinado e medições de miniestacas (Figura 18A) resultou em diferenças significativas em todas as 6 medições realizadas. De forma que, a aplicação de caulim teve um efeito crescente e quadrático no índice SPAD das folhas neste horário em todas as medições de miniestacas, com pontos de máximo estimado variando entre 6,5% a 9,0%.

Além disso, a interação entre épocas do ano e medições afetou o índice SPAD, de modo que na época chuvosa as medições 1, 2, 5 e 6 mostraram média estatisticamente superior às demais, enquanto que na época seca o índice de verde foi superior nas três últimas medições de miniestacas (Figura 18B).

**Figura 18** - Efeitos das doses de caulim dentro de medições de miniestacas na intensidade de verde (índice SPAD) em minicepas de eucalipto no horário da tarde (A) e os efeitos das coletas de miniestacas dentro de épocas do ano na intensidade de verde (índice SPAD) em minicepas de eucalipto no horário da tarde (B). As regressões foram ajustadas dentro de cada época. \*\*\*, \*\* e \*: significativo a 0,1%, 1% e 5% de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente. Barras com as mesmas letras, para cada época, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

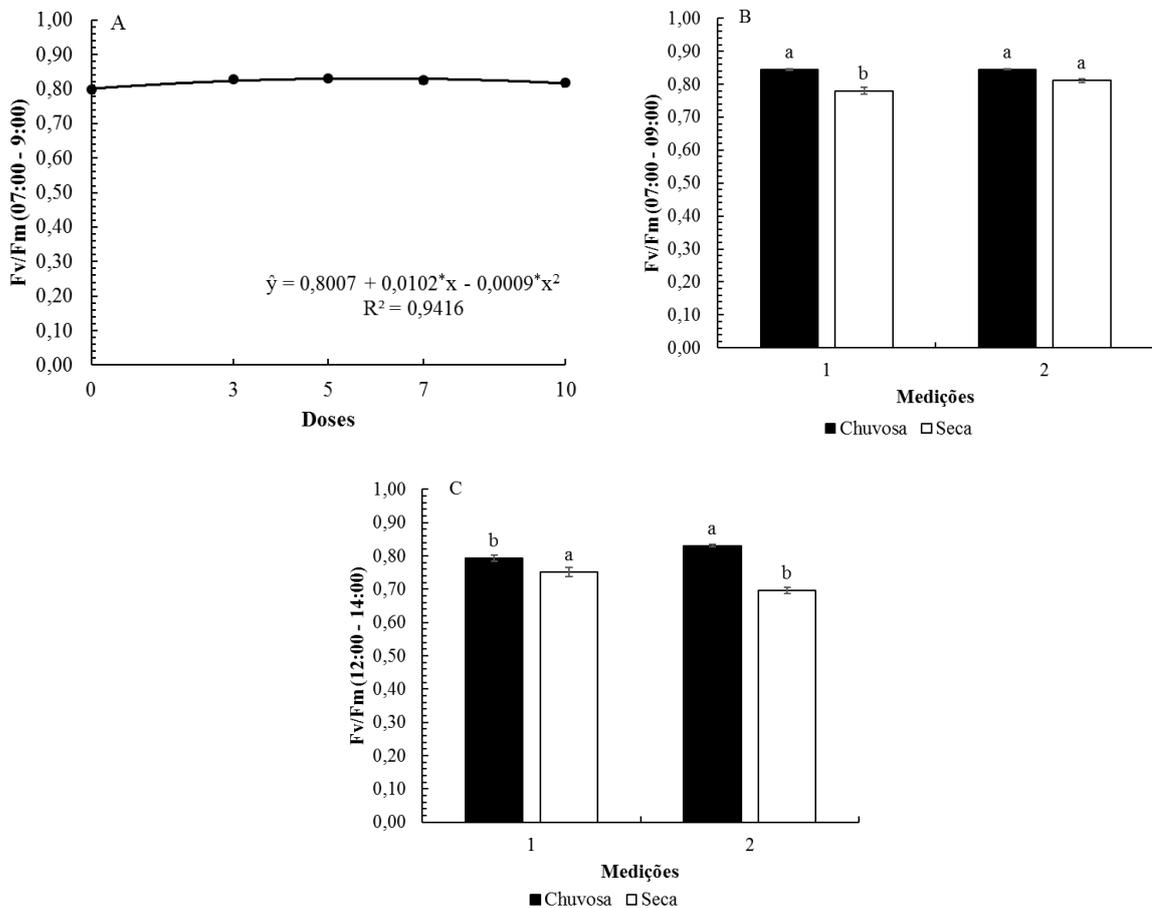


#### Fluorescência da clorofila *a*

Na avaliação realizada pela manhã, as doses influenciaram a relação  $F_v/F_m$  de forma crescente e quadrática até o ponto de máximo estimado em 0,83 a uma dosagem de 5,7% de caulim (Figura 19A). A interação entre épocas do ano e medições apresentou efeito significativo na época seca, com maior relação  $F_v/F_m$  na segunda medição (Figura 19B). Já na época chuvosa as médias foram estatisticamente iguais.

No horário da tarde, as doses de caulim influenciaram a relação Fv/Fm (Tabela 2), no entanto não houve ajuste de modelo, com média geral de 0,77 para este horário de avaliação. Além disso, a interação entre épocas do ano e medições influenciaram esta avaliação, com a segunda medição estatisticamente superior na época chuvosa, e efeito oposto na época seca, com a segunda medição - realizada no mês de julho, inferior e com média de 0,70, indicativa de danos ao fotossistema II (Figura 19C).

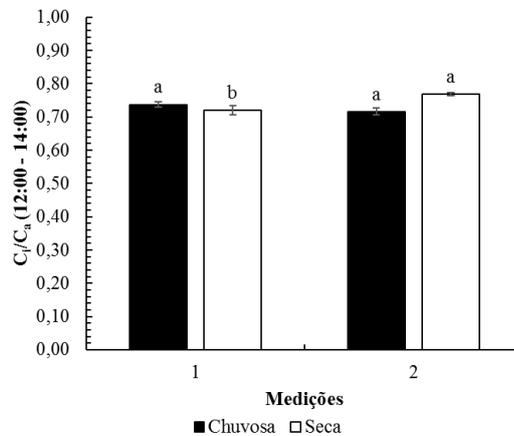
**Figura 19** - Efeitos das doses de caulim no rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm) em minicepas de eucalipto (A), efeitos das medições de miniestacas dentro de épocas do ano no rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm) em minicepas de eucalipto no horário da manhã (B) e os efeitos das medições de miniestacas dentro de épocas do ano no rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm) em minicepas de eucalipto no horário da manhã (C). A regressão foi ajustada para todo o experimento. \*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”. As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



### Relação $C_i/C_a$

A relação carbono interno (na câmara subestomática) e externo (no ambiente) ( $C_i/C_a$ ), avaliada pela manhã, variou simultaneamente com as doses de caulim e épocas de avaliação (Tabela 2), mas não houve ajuste para explicar o comportamento da variável, apresentando média de 0,73 e 0,80, no período chuvoso e seco, nesta ordem. Na avaliação realizada à tarde, a relação  $C_i/C_a$  foi modificada pelos fatores época e medições, com diferenças significativas na época seca e maior média verificada na segunda medição de miniestacas (Figura 20).

**Figura 20** - Efeitos das medições de miniestacas dentro de épocas do ano na relação carbono interno e externo ( $C_i/C_a$ ) em minicepas de eucalipto avaliada pela manhã. As médias foram comparadas dentro de cada época pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras verticais indicam o erro padrão da média.



## 6 DISCUSSÃO

A aplicação de caulim em minicepas de eucalipto favoreceu o crescimento das brotações no período sem a ocorrência de chuvas (Figura 5A). De forma que, neste período, a aplicação de caulim pode se apresentar como uma estratégia para obter miniestacas em um menor intervalo de tempo e aumentar a produtividade do viveiro. No entanto, o incremento no comprimento de brotação (10,5%) não resultou em diferenças nas variáveis de diâmetro e massa seca das brotações.

Devido às minicepas serem cultivadas sob fertirrigação, com regime de rega frequente, estas não foram submetidas a estresse hídrico. De acordo com Boari et al. (2015), em situação ótima de irrigação, a aplicação de caulim resultou em menor incremento das variáveis biométricas. Contudo, no presente trabalho a baixa umidade relativa, a alta temperatura e a alta radiação (Figura 1), possivelmente se apresentaram como fatores limitantes ao crescimento vegetal.

As coletas sucessivas de miniestacas, na época seca, resultaram em redução no comprimento (Figura 5B), diâmetro e massa seca de brotações (Figura 6A e B), o oposto foi observado na época chuvosa.

Os altos valores de DPV observados no período caracterizado como seco (Figura 1A), com média de 1,55 kPa, resultante de altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, aliado às coletas semanais de miniestacas podem ter atuado como fator estressante, reduzindo o crescimento das brotações de eucalipto. Conforme foi observado por Tatagiba et al. (2016), onde clones da mesma espécie de eucalipto submetidos a um DPV médio de 1,63 kPa apresentaram redução nas variáveis de crescimento.

O incremento nas doses de caulim resultou no aumento da massa foliar específica (Figura 7A). A massa foliar específica relaciona massa por área, inferindo numa maior ou menor espessura da folha. Esta variável tem sido associada com a exposição das folhas a uma maior intensidade luminosa (SANTIAGO et al., 2009), assim como à redução de perda de água e aumento do auto sombreamento entre os cloroplastos (NAKAZONO et al., 2001).

As coletas sucessivas de miniestacas e época seca influenciaram a massa foliar específica de forma positiva, com as últimas coletas com médias iguais e superiores às demais, o oposto foi observado na época chuvosa (Figura 7B). Uma vez que esta variável é relacionada com a alta luminosidade, o aumento de 23,7% da radiação global observado da época chuvosa para a época seca, refletiu em um aumento de 24,4% na média da massa foliar específica. A maior espessura observada em folhas expostas a maior radiação solar se configura como uma

adaptação morfológica, com uma camada paliçádica mais espessa, em resposta à quantidade de luz recebida (TAIZ et al., 2017).

Apenas a primeira coleta de miniestacas e as doses de caulim influenciaram positivamente a produtividade, nas demais situações, as doses não influenciaram esta variável, assim como a produção, o índice de produtividade e o % de enraizamento. Provavelmente como reflexo pelo produto não ter interferido nas trocas gasosas. A produtividade vegetal e, conseqüentemente, a emissão de brotos e raízes, é dependente das taxas fotossintéticas, por meio das quais as plantas produzem seus carboidratos e mantém reservas para induzir seu crescimento (TAIZ et al., 2017).

Na época seca, as coletas sucessivas interferiram negativamente na produção e produtividade de miniestacas (Figura 8A e B). Este resultado era esperado, pois com a poda das miniestacas há o surgimento de novos brotos que não alcançarão o tamanho mínimo para serem coletados na próxima coleta, o que reduz a produção da segunda coleta, sendo recuperada na coleta seguinte com a retirada destes brotos e assim sucessivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Lopes et al. (2016) onde a produtividade apresentou oscilações entre as coletas de miniestacas de eucalipto.

A camada criada pelo caulim possui propriedades reflectivas que formam uma barreira aos raios UV e infravermelho, mas também refletem a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) (GLENN, 2012), o que pode explicar a interferência na assimilação de CO<sub>2</sub> (A) proporcionada pela aplicação do produto em época chuvosa, no horário da manhã, devido à radiação ser menos intensa nesta época e horário. Nesse sentido, Glenn et al. (2001) e Shellie e King (2013a) relataram que em condições de temperaturas abaixo de 25°C, plantas bem irrigadas e estresse ambiental baixo, a redução de A ocorre pela redução da penetração de luz na folha causada pelo caulim.

As avaliações no período da tarde, não tiveram influência dos tratamentos de doses. De forma semelhante, Campostrini et al. (2010) trabalhando com mamão Golden, observaram que as trocas gasosas apresentaram comportamento indiferente à aplicação de caulim. No entanto, houve interação entre os fatores de épocas e medições, onde foi possível observar uma redução de 31% da assimilação de CO<sub>2</sub> entre as medições na época seca, enquanto que na época chuvosa os valores permaneceram iguais (Figura 11). Com a elevação do DPV ocorre redução na abertura estomática que conseqüentemente reduz a fotossíntese (DIAS; MARENCO, 2007b).

Tatagiba et al. (2015) observaram relação linear entre a A e  $g_s$  em clones de eucalipto, de modo que sob situação de estresse a redução na abertura estomática implica em

menores taxas de fotossíntese. Com a redução da abertura estomática, menos CO<sub>2</sub> entra nas células do mesofilo dos cloroplastos e conseqüentemente a assimilação fotossintética de carbono diminui (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009).

De modo geral, a aplicação de doses de caulim não interferiu nas trocas gasosas de minicepas de eucalipto no horário mais crítico do dia (12 às 14h), sendo que a maior dose de caulim calcinado testada reduziu apenas 5,5% e 7,6% na assimilação de CO<sub>2</sub>, 7,1% e 10,2% na condutância estomática e 7,9% e 7,2% na transpiração, na época chuvosa e seca, respectivamente em relação ao controle.

Em condições ideais de irrigação, as trocas gasosas são limitadas pela temperatura foliar e simultaneamente pelo déficit de pressão de vapor (GLENN, 2016). Os maiores valores de DPV (1,55 kPa), observados ao final das avaliações, ou seja, na segunda medição da época seca, podem ter atuado como fator estressante às trocas gasosas, de modo que, a assimilação de carbono reduziu (Figura 11), a condutância estomática se manteve estatisticamente igual à primeira medição, no horário da manhã (Figura 12) e a transpiração aumentou (Figura 13A e B).

A aplicação do filme de partículas de caulim influenciou a EUA durante o período chuvoso, no período da manhã (07 às 09h). Glenn et al. (2010) observaram incremento da EUA em videiras bem irrigadas atribuindo este resultado ao fechamento estomático e aumento do potencial hídrico foliar. O que corrobora com os menores resultados de transpiração encontrados neste horário (Figura 13A) em comparação ao horário da tarde (Figura 13B).

Além disso, a eficiência no uso da água foi afetada pela interação de épocas e medições. De modo que houve uma redução de 42% entre a primeira e a segunda medição da época seca (Figura 14), influenciada pela redução da assimilação de CO<sub>2</sub> em 31,2% (Figura 11) e pelo aumento da transpiração em 17,5% (Figura 13B) entre estas mesmas medições.

Assim como nas avaliações da eficiência no uso da água, a EIUA foi influenciada por doses e medições no horário da manhã. Este resultado foi devido ao efeito na assimilação de CO<sub>2</sub> ocorrido no mesmo horário, uma vez que essa variável é obtida da relação entre  $A$  e  $g_s$  e esta última não teve efeito dos tratamentos. Da mesma forma, a redução de 20,5% na EIUA entre a primeira e a segunda medição da época seca (Figura 15) foi resultado da redução de  $A$  (Figura 11).

A aplicação de caulim não interferiu na temperatura foliar de minicepas de eucalipto em ambas as épocas. A redução da temperatura foliar, assim como de frutos e copa inteira tem sido relacionada à aplicação desse filme de partículas protetoras em diversas culturas, como tomate (CANTORE et al., 2009; BOARI et al., 2015;), maçã (GLENN, 2009; GLENN, 2016),

uvas (CONIBERTI et al., 2013; GLENN et al., 2010), mamão (CAMPOSTRINI et al., 2010) e rosas de corte (CUITIVA et al., 2011).

No entanto, o efeito do caulim tem diferido entre espécies e cultivares (DENAXA et al., 2012) assim como entre diferentes condições ambientais, não sendo recomendada sua utilização em condições ideais de irrigação, seja por não apresentar ganhos ou por reduzir incrementos (LOMBARDINI et al., 2005; BOARI et al., 2015).

A temperatura foliar diferiu com as épocas e medições, nas avaliações realizadas pela manhã (Figura 16), com maiores valores na primeira medição na estação com chuvas, com média 25,8 °C, e na segunda medição no período de estiagem e média de 22,1 °C. Paralelamente, estes valores foram acompanhados dos maiores valores de transpiração (Figura 13A), por certo, o aumento da transpiração é uma forma de reduzir a temperatura foliar.

A aplicação de caulim promoveu o aumento da intensidade de verde em folhas de minicepas de eucalipto nas duas épocas (Figura 17A). De fato, a redução da passagem de luz proporcionada pela barreira criada pelo produto promove uma melhor distribuição dos cloroplastos na folha. Assim, com menor intensidade luminosa, os cloroplastos se distribuem paralelamente ao plano da folha para maximizar a absorção de luz (TAIZ et al., 2017), aumentando o índice SPAD.

No horário mais quente, houve interação entre doses de caulim e medições de miniestacas, onde todas as medições realizadas apresentaram seus máximos estimados entre as doses de 6,5% e 9% de caulim (Figura 18A), de modo que essas dosagens proporcionaram melhor índice SPAD mesmo com a retirada semanal de coletas.

Além disso, em ambos os horários, o índice SPAD manteve-se estável entre as medições na época chuvosa, enquanto que na época seca o efeito foi crescente, sendo que este último resultado foi acompanhado do aumento da massa foliar específica (Figura 7B). A espessura da folha tem sido relacionada ao índice SPAD (MARENCO; ANTEZANA-VERA; NASCIMENTO, 2009; YAMAMOTO et al., 2002).

O caulim incrementou positivamente a relação  $F_v/F_m$  (Figura 19A), apresentando resultado na faixa de 0,75 a 0,85, indicativo de que as plantas não apresentaram comprometimentos no fotossistema II. Essa relação reflete a eficiência quântica em reduzir a Quinona *a* e sua diminuição é utilizada como indicador de dano fotoinibitório (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009). De fato, o caulim foi eficiente em manter a eficiência fotoquímica dentro da faixa ideal, devido à maior reflexão dos raios ultravioleta, que são comumente associados à inibição da atividade do PSII (SHARMA et al., 2015).

Resultados semelhantes foram observados em videiras por Dinis et al. (2018), onde a pulverização do produto aumentou a eficiência quântica máxima fotoquímica do PSII e em *Citrus paradisi* L. que teve o processo de fotoinibição reduzida em 30% ao meio dia (JIFON; SYVERTSEN, 2003).

A interação entre as épocas e medições de miniestacas afetou a fluorescência da clorofila *a* nos dois horários de avaliação. Na época seca, as médias da radiação global e do DPV foram 23,7% e 237% mais altas que as médias observadas na época chuvosa, fato que pode estar relacionado com a menor eficiência fotoquímica observada no horário de 12 às 14h, com média de 0,70, indicativo de danos ao fotossistema II. Visto que níveis de radiação solar acima da capacidade fotossintética podem resultar em fotoinibição (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009) e o tempo de exposição a essa incidência de fótons determina o grau da fotoinibição (DIAS; MARENCO, 2007a).

A relação  $C_i/C_a$  é uma variável utilizada para mensurar a eficiência nas reações de fixação de carbono, variando de 0 a 1, quanto mais próximo o valor for de 1 menos eficiente é o processo, indicando danos à maquinaria fotossintética (GUERRA et al., 2017). O efeito de época e dose observado neste trabalho, corroboram o efeito na assimilação de carbono, onde ambos naturalmente apresentam uma relação inversa.

Considerando que o  $CO_2$  do ambiente se mantém constante, a relação  $C_i/C_a$  é resultado das variações na concentração interna de  $CO_2$ , pela variação do influxo de  $CO_2$  com as variações da condutância estomática, sendo assim, se esta concentração aumenta significa que há mais  $CO_2$  chegando à cavidade subestomática ou que este carbono não está sendo fixado.

Nesse sentido, à tarde e época seca, a redução da assimilação de  $CO_2$  observada na segunda medição implicou em aumento na concentração de  $CO_2$  interno (Figura 20). Nesta avaliação foi registrado um DPV médio de 1,55 kPa e uma temperatura foliar de 29,5 °C, que possivelmente se apresentaram como fatores limitantes ao processo de carboxilação da fotossíntese. De fato, sob altas temperaturas, devido a maior solubilidade do  $O_2$ , a função oxigenase da rubisco tende a aumentar em detrimento da atividade de carboxilase (TAIZ et al., 2017), resultando em maior concentração de carbono na cavidade subestomática.

## **7 CONCLUSÃO**

A aplicação de caulim calcinado purificado não afetou as trocas gasosas de minicepas de eucalipto nas avaliações realizadas no horário da tarde. Contudo, a camada protetora formada pela pulverização do produto aumentou a eficiência fotoquímica, a intensidade de verde e a massa foliar específica de minicepas de eucalipto.

Na época seca, a aplicação do produto aumentou o comprimento das brotações, indicando que em ambientes que apresentam temperaturas elevadas a pulverização de caulim calcinado sobre o minijardim clonal pode ser uma estratégia para reduzir o intervalo de coletas de miniestacas e aumentar a produtividade do viveiro.

## REFERÊNCIAS

- ABRAF – Associação Brasileira de Florestas. **Anuário estatístico ABRAF 2013**: ano base 2012. ABRAF. 148p. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-abraf13-br.pdf>>. Acesso em 20 jan 2018.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do Eucalipto**. 2ª edição. Editora UFV, Viçosa – MG, 2009.
- ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da Fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 463-472, out.-dez. 2009.
- BOARI, F.; DONADIO, A.; SCHIATTONE, M. I.; CANTORE, V. Particle film technology: A supplemental tool to save water. **Agricultural Water Management**. v. 147, p. 154-162, 2015.
- BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Functional Ecology*, Oxford, v. 3, n. 4, p. 497-514, July/Aug. 1989.
- BRONDANI, G. E. **Aspectos morfofisiológicos na clonagem de *Eucalyptus benthamii***. 2012. 186f. Tese (Doutor em recursos florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L. F.; ARAÚJO, M. A. 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 jul.-set., 2010.
- CAMPOSTRINI, E.; REIS, F. O.; SOUZA, M. A. Processed-Kaolin Particle Film on Papaya Leaves: a Study Related to Gas Exchange, Leaf Temperature and Light Distribution in Canopy. **Acta Horticulturae**, 864, 2010.
- CANTORE, V.; BERNARDO, P.; ALBRIZIO, R. Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. **Environmental and Experimental Botany**, v. 66, p. 279-288, 2009.
- CARVALHO, I. S. **Estruturação da cadeia produtiva de produtos madeireiros das grandes empresas na região sudoeste do Maranhão**. 2016. 65f. Monografia. (Bacharel em Engenharia Florestal). Universidade Estadual do Maranhão, Imperatriz - MA, 2016.
- CONIBERTI, A.; FERRARI, V.; DELLACASSA, E.; BOIDO, E.; CARRAU, F.; GEPP, V.; DISEGNA, E. Kaolin over sun-exposed fruit affects berry temperature, must composition and

wine sensory attributes of Sauvignon blanc. **European Journal of Agronomy**. v. 50, p. 75–81, 2013.

CORREIA FILHO, F. L. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão**: relatório diagnóstico do município de Açailândia. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Ministério de Minas e Energia. Teresina, 2011. 37f.

CUITIVA, Y. M. S.; DÍAZ, H. R.; CASTRO, A. G.; GODOY, A. R.; RONCANCIO, V. J. F. Effect of Kaolin Film Particle Applications (Surround WP®) and Water Deficit on Physiological Characteristics in Rose Cut Plants (Rose spp L.). **American Journal of Plant Sciences**, v. 2, p. 354-358, 2011.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.2, p.195-203, 2009.

DENAXA, N-K.; ROUSSOS, P. A.; DAMVAKARIS, T.; STOURNARAS, V. Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and Ambiol on photosynthesis, leaf sclerophylly indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. **Scientia Horticulturae**, v. 137, p. 87–94, 2012.

DEUS, B. C. S. **Capacidade fotossintética e ontogenia foliar da videira 'Niagara rosada' cultivada sob cobertura plástica no Norte Fluminense**. 2014. 71f. Dissertação (Mestre em produção vegetal). Campos do Goytacazes – RJ, 2014.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fluorescence characteristics and photoinhibition in saplings of manwood on clear days and under overcast conditions. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 6, p. 595-600, nov./dez., 2007.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 305-311, mar., 2007.

DINIS, L.-T.; MALHEIRO, A. C.; LUZIO, A.; FRAGA, H.; FERREIRA, H.; GONÇALVES, I.; PINTO, G.; CORREIA, C. M.; MOUTINHO-PEREIRA, J. Improvement of grapevine physiology and yield under summer stress by kaolin-foliar application: water relations, photosynthesis and oxidative damage. **Photosynthetica**, v. 56, n. 2, p. 641–651, jun. 2018.

FERNANDES, T. E.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 1. 2014.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação de Espécies Florestais**. Documentos 94. 22 p. Colombo – Embrapa Florestas, 2004.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese). **R package version** 1.1.2, 2013.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. A.; CARNEIRO, J. G. de A.; PENCHEL, R. M.; BARROSO, D. G.; DAHER, R. F. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p.01-11, 2011.

FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. A. Mudas de eucalipto produzidas a partir de miniestacas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v.30, n. 4, Viçosa Jul./Ago. 2006.

GLENN, D. M. Particle Film Mechanisms of Action That Reduce the Effect of Environmental Stress in ‘Empire’ Apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 134, n. 3, p. 314–321, 2009.

GLENN, D. M. The Mechanisms of Plant Stress Mitigation by Kaolin-based Particle Films and Applications in Horticultural and Agricultural Crops. **HortScience**, v. 47, n. 6, 2012.

GLENN, D. M. Effect of highly processed calcined kaolin residues on apple water use Efficiency. **Scientia Horticulturae**, v. 205, p. 127–132, 2016.

GLENN, D. M.; BASSETT, C.; DOWD, S. E. Effect of pest management system on ‘Empire’ apple leaf *phyllosphere* populations. **Scientia Horticulturae**, v. 183, p. 58-65, 2014.

GLENN, D. M.; COOLEY, N.; WALKER, R.; CLINGELEFFER, P. Impact of kaolin particle film and water deficit on wine grape water use efficiency and plant water relations. **HortScience**, v. 45, n. 8, p. 1178-1187, 2010.

GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J. Particle Films: A New Technology for Agriculture. **Horticultural Reviews**, New York, v. 31, p. 1-44, 2005.

GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J.; DRAKE, S. R.; UNRUH, T. R.; KNIGHT, A. L.; BAHERLE, P.; PRADO, E.; BAUGHER, T. A. Particle Film Application Influences Apple Leaf Physiology, Fruit Yield, and Fruit Quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 126, n. 2, p. 175–181, 2001.

GONÇALVES, K. S.; SOUSA, A. P.; VELINI, E. D. Aplicação de reguladores vegetais e de fosfito de potássio em mudas de eucalipto submetidas à deficiência hídrica. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 273-285, 2015.

GOULART, P. B. Morfoanatomia da rizogênese adventícia em miniestacas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 521-532, jul.-set., 2014.

GUERRA, A. M. N. M.; COSTA, A. C. M.; TAVARES, P. R. F. Atividade fotossintética e produtividade de alface cultivada sob sombreamento. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia-PB, v. 38, n. 3, p. 125-132, 2017.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, L. R. **Plant Propagation: Principles and Practices**. 8 ed. Pearson Education Limited, 2011.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual**. Brasília - DF, 2017. Disponível em: <[http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf)>. Acesso em 23 jan 2018.

JIFON, J. L.; SYVERTSEN, J. P. Kaolin Particle Film Applications Can Increase Photosynthesis and Water Use Efficiency of ‘Ruby Red’ Grapefruit Leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.128, n. 1, p. 107–112, 2003.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; PIRES, P. P. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* em substratos a base de casca de arroz carbonizada. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 547-556, dez, 2012.

LEGOAS, R. C. **Efeito do potássio e do sódio no crescimento e nas propriedades do lenho de árvores de Eucalyptus grandis sob duas condições de regime hídrico**. 2016. 134f. Dissertação (Mestre em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – SP, 2016.

LOMBARDINI, L.; HARRIS, M. K.; GLENN, D. M. Effects of particle film application on leaf gas exchange, water relations, nut yield, and insect populations in mature pecan trees. **HortScience**, v. 40, n. 5, p. 1376-1380, 2005.

LOPES, A. S.; TSUKAMOTO FILHO, A. A.; BRONDANI, G. E.; MATOS, S. E.; OLIVEIRA, T. M.; BARBOSA FILHO, J.; FONSECA, R. M. C.; NINÁCIO, P. R. Produtividade de minicepas de *Eucalyptus urophylla* S. T Blake em função da solução nutritiva e coleta de brotações. **Nativa**, Sinop, v.4, n.1, p.44-47, jan./fev. 2016.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; ZARPELON, T. G.; SIQUEIRA, L. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.6, p. 843-851, 2005.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; NASCIMENTO, H. C. S. Relationship between specific leaf area, leaf thickness, leaf water content and SPAD-502 readings in six Amazonian tree species. **Photosynthetica**, v. 47, n. 2, p. 184-190, 2009.

MELGAREJO, P.; MARTÍNEZ, J. J.; HERNÁNDEZ, F.; MARTÍNEZ-FONT, R.; BARROWS, P.; EREZ, A. Kaolin treatment to reduce pomegranate sunburn. **Scientia Horticulturae**. v. 100, p. 349–353, 2004.

MELO, L. A.; PEREIRA, G. A.; MOREIRA, E. J. C.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. V.; TEIXEIRA, L. A. F. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eremanthus erythropappus* sob diferentes formulações de substrato. **Floresta e Ambiente**. v. 21, n. 2, p. 234-242, 2014.

NAKAZONO, E. M.; COSTA, M. C.; FUTATSUGI, K.; PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.24, n.2, p.173-179, jun. 2001.

OLIVEIRA, A. S.; STEIDLE NETO, A. J.; RIBEIRO, A.; RASCON, N. J. L.; RODY, Y. P.; ALMEIDA, A. Q. Determinação do tempo térmico para o desenvolvimento de mudas de eucalipto na fase de enraizamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande - PB, v.16, n.11, p.1223–1228, 2012.

OMRI - Organic Materials Review Institute. **Products List 2018**. Longwood, Flórida, 9 jan. 2018. Disponível em: < [https://www.omri.org/sites/default/files/opl\\_pdf/CompleteCompany-NOP.pdf](https://www.omri.org/sites/default/files/opl_pdf/CompleteCompany-NOP.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2018.

OTTO, M. S. G.; VERGANI, A. R.; GONÇALVES, A. N.; VRECHI, A.; SILVA, S. R.; STAPE, J. L. Fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, v.37, n.3, p. 431-439, 2013.

PEDROSO, E. J. **Enraizamento de miniestacas e ecofisiologia de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes intensidade de radiação solar**. 2016. 61f. Dissertação (Mestre em Meteorologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa – MG, 2016.

PINTO JÚNIOR, J. E.; SANTAROSA, E.; GOULART, I. C. G. R. Histórico do cultivo de eucalipto. IN: SANTAROSA, E.; PENTEADO JÚNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. R. **Transferência de tecnologia florestal**. Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

PINTO, S. I. C.; FURTINI NETO, A. E.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 523-533, 2011.

PREVEDELLO, J.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; VOGELMANN, E. S.; FONTANELA, E.; REICHERT, J. M. Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em argissolo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 129-138, 2013.

PROTASIO, T. P.; GOULART, S. L.; NEVES, T. A.; ASSIS, M. R.; TRUGILHO, P. F. Clones comerciais de *Eucalyptus* de diferentes idades para o uso bioenergético da madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 113-127, mar. 2014.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016.

ROCHA, J. H. T.; BACKES, C.; BORELLI, K.; PRIETO, M. R.; SANTOS, A. J. M.; GODINHO, T. O. Produtividade do minijardim e qualidade de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-224) em função de doses de nitrogênio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 273-279, abr.-jun., 2015.

ROSATI, A.; METCALF, S. G.; BUCHNER, R. P.; FULTON, A. E.; LAMPINEN, B. D. Effects of kaolin application on light absorption and distribution, radiation use efficiency and photosynthesis of almond and walnut canopies. **Annals of Botany**, v. 99, p. 255-263, 2007.

SANTIAGO, A. R.; BARROSO, D. G.; MENDONÇA, A. V. R.; CAMPOSTRINI, E.; CARNEIRO, J. G. A.; DETMANN, E. Monocultivo de eucalipto e consórcio com sesbânia: crescimento inicial em cavas de extração de argila. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 1, p. 67-79, 2009.

SHARMA, R. R.; REDDY, S. V. R.; DATTA, S. C. Particle films and their applications in horticultural crops. **Applied Clay Science**, v. 116-117, p. 54-68, 2015.

SHELLIE, K. C.; KING, B. A. Kaolin-based foliar reflectant and water deficit influence malbec leaf and berry temperature, pigments, and photosynthesis. **American Journal of Enology and Viticulture (AJEV)**. Jan, 2013a.

SHELLIE, K. C.; KING, B. A. Kaolin particle film and water deficit influence red wine grape color under high solar radiation in an arid climate. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 64, p. 214-222, 2013b.

SILVA, A. L. A. L.; SILVA, C. A. D. Concentração eficiente e econômica de caulim para a proteção de algodoeiro contra o bicudo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.9, p.763-768, set. 2015.

SILVA, P. H. M.; KAGER, D.; GONÇALVES, J. L. M.; GONÇALVES, A. N. Produção de mudas clonais de eucalipto em espuma fenólica: crescimento inicial e mortalidade. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 639-649, out./dez. 2012.

SOUZA, C. C.; XAVIER, A.; LEITE, F. P.; SANTANA, R. C.; PAIVA, H. N. Densidade de minicepas em minijardim clonal na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 77, p. 49-56, jan./mar. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed., Porto Alegre: Artmed, 2017.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Fotossíntese em *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, v.23, n. 4, julho/agosto, 2015.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; VINCO, J. S.; PINHEIRO, A. A. Crescimento de clones de eucalipto em diferentes condições microclimáticas e lâminas de água no substrato. **Irriga**. Botucatu, v. 21, n. 1, p. 104-118, 2016.

TURATI, D. T. **Efeito de filme de partículas de caulim sobre a seleção hospedeira e desenvolvimento de *Diaphorinacitri* Kuwayama em *Citrus sinensis* (L.) Osbeck**. 2008. 74f. Dissertação (Mestre em Ciências). Piracicaba – SP, 2008.

XAVIER, A.; SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**. v. 34, n. 1, p. 93-98, Viçosa - MG, 2010.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura Clonal: Princípios e técnicas**. 2ª Edição. Editora UFV, Viçosa-MG, 2013.

XAVIER, T. M. T. **Crescimento de mudas clonais de eucalipto sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica**. 2014. 104f. Tese (Doutor em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo, 2014.

XAVIER, T. M. T.; PEZZOPANE, J. E. M.; PENCHEL, R. M.; PEZZOPANE, J. R. M. Leaf water potential and gas exchange of eucalypt clonal seedlings to leaf solar protectant. **Journal of Forestry Research**. 2018.

YAMAMOTO, A.; NAKAMURA, T.; ADU-GYAMFI, J. J.; SAIGUSA, M. Relationship between chlorophyll content in leaves of sorghum and pigeonpea determined by extraction method and by chlorophyll meter (SPAD-502). **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n. 10, p. 2295–2301, 2002.