

**FACULDADE DE ENSINO SUPERIOR DO CENTRO DO PARANÁ
ENGENHARIA AGRONÔMICA**

CAMILA ALESSANDRA PEREIRA

**EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO SIMULADO POR POLIETILENOGLICOL 6000
EM PLANTAS DE EUCALIPTO *IN VITRO***

**PITANGA
2022**

CAMILA ALESSANDRA PEREIRA

**EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO SIMULADO POR POLIETILENOGLICOL 6000
EM PLANTAS DE EUCALIPTO *IN VITRO***

Trabalho De Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica, Área das Ciências Agrárias da Faculdade UCP Faculdade de Ensino Superior do Centro do Paraná, como requisito à obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Professor Orientador: Daiane Secco.

PITANGA-PARANÁ

2022

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
5. AGRADECIMENTOS	15
6. REFERÊNCIAS	16

**EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO SIMULADO POR POLIETILENOGLICOL 6000
EM PLANTAS DE EUCALIPTO IN VITRO**

**EFFECTS OF WATER DEFICIT SIMULATED BY POLYETHYLENE GLYCOL 6000
ON EUCALYPTUS PLANTS IN VITRO**

PEREIRA, Camila Alessandra.¹

SECCO, Daiane.²

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos morfofisiológicos do déficit hídrico *in vitro* simulado com a adição de PEG 6000 ao meio de cultivo sobre o desenvolvimento de plantas de um híbrido comercial de eucalipto. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, totalizando cinco tratamentos com concentrações de PEG 6000 e dez repetições cada. As principais alterações observadas foram: redução do crescimento em altura, estresse e desidratação significativa das folhas e o tratamento 5 (- 1,5 MPa) teve total inibição no desenvolvimento das plantas. Os resultados revelaram que diferentes dosagens de PEG 6000 promoveram efeitos morfofisiológicos distintos nos explantes ao final dos 25 dias de cultivo *in vitro* sob estresse hídrico.

Palavras-chave: Estresse abiótico. Eucaliptocultura. Cultura de tecidos. Biotecnologia vegetal.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the morphophysiological effects of the simulated *in vitro* water deficit with the addition of PEG 6000 to the culture medium on the

¹ Camila Alessandra Pereira, acadêmica do Curso de Engenharia Agrônoma da Faculdade do Centro do Paraná, Pitanga, PR. E-mail: camila.pereira@ucpparana.edu.br.

² Daiane Secco, docente do Curso de Engenharia Agrônoma da Faculdade do Centro do Paraná, Pitanga, PR. E-mail: prof_daianesecco@ucpparana.edu.br.

development of plants of a commercial eucalyptus hybrid. The experimental design was completely randomized, totaling five treatments with concentrations of PEG 6000 and ten replications each. The main changes observed were: reduction in height growth, stress and significant dehydration of leaves and treatment 5 (-1.5 MPa) had total inhibition of plant development. The results revealed that different doses of PEG 6000 promoted different morphophysiological effects in the explants at the end of 25 days of in vitro culture under water stress.

Keywords: Abiotic stress. Eucalyptus culture. Tissue culture. Plant biotechnology.

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal no Brasil chegou à marca de 9,6 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo que as áreas cobertas por árvores do gênero *Eucalyptus* correspondem a 7,4 milhões de hectares. Grande parte da produção florestal do país estão concentradas na região Sul condizente a 84,6% de florestas de Pinus e Sudeste com área de Eucalipto de 44,3%. Dentre as regiões com 44,3% de área plantada com eucalipto, se destaca os estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Paraná (IBGE, 2020).

No ano de 2020 o saldo da balança comercial dos produtos que compõem esta cadeia produtiva chegou a US\$ 8,9 bilhões. Esse setor possui grande importância no que diz respeito ao desenvolvimento local, promovendo mudanças econômicas e geração de novas oportunidades de empregos diretos e indiretos (IBÁ, 2021).

Dentre as variadas espécies e subespécies conhecidas do gênero *Eucalyptus* pertencente à família Myrtaceae, originárias da Indonésia e de Timor, este gênero apresenta melhor eficiência nutricional e hídrica, possuindo mecanismos fisiológicos, foliares e radiculares tendo uma ampla adaptação em regiões tropicais sendo uma das mais plantadas no Brasil (LUZ, 1997).

Esse gênero possui maior potencial de crescimento em relação a áreas plantadas, é tolerante ao fungo causador do cancro do eucalipto sendo usada para vários fins como a fabricação de celulose e papel, chapas duras e produção de carvão entre outros (JUNIOR, 2001).

De acordo com o Relatório anual da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2021), a região Centro-Oeste, em especial o estado do Mato Grosso do Sul, possui cerca de 15,1% de áreas com plantio de eucalipto, sendo o terceiro estado com maior produção desta matéria prima, com potencial de expansão. Em contraponto, esta

mesma região possui aproximadamente 241 mil km² de áreas em condições de estresse hídrico, condição em que a água armazenada no solo é insuficiente para sustentar o crescimento vegetal, onde o impacto do déficit hídrico na vegetação é avaliado a partir do Índice da Saúde da Vegetação (VHI), sendo a região Centro-Oeste no ano de 2021 a mais impactada pela seca no Brasil (Boletim Monitoramento de Secas e Impactos no Brasil, 2021).

Visando a produtividade florestal no país, um dos maiores desafios da silvicultura é o uso de materiais genéticos alternativos, onde são capazes de se adaptar às mudanças climáticas. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC, prevê aumentos significativos na temperatura do ar e diminuição nas chuvas nos trópicos e subtropicais para os próximos anos sendo um dos problemas atuais onde irá estimular a restrição hídrica (GONÇALVES *et al.*, 2017).

Segundo Carneiro *et al.* (2011) as plantas em condições variáveis podem sofrer alterações fisiológicas e bioquímicas, refletindo no crescimento, fotossíntese, abertura e fechamento estomático, expansão foliar, estresse oxidativo, mudanças nas propriedades de membrana, matéria seca e produção reduzida.

De acordo com Kerbauy (2013), a água é um recurso natural de grande importância na composição das células vegetais, atingindo entre 80 a 95% do peso conforme a necessidade de cada espécie. Dessa forma suas propriedades são importantes nos processos físicos, biológicos e químicos da planta. Esses processos auxiliam diretamente para a difusão de solutos, no desenvolvimento e sustentação dos tecidos vegetais. A quantidade de água pode alterar dependendo da fisiologia e tipo de célula de cada planta (LIMA, 2017).

A micropropagação de eucalipto é uma ferramenta importante para a necessidade de clonar espécies com altas taxas de crescimento, tolerância à baixas temperaturas e salinidade, resistência à pragas e doenças, além de poder obter o rejuvenescimento de tecidos provindos de plantas adultas por sucessivos subcultivos *in vitro* (DUTRA *et al.*, 2009).

O Polietilenoglicol 6000 (PEG) é utilizado para simular o estresse osmótico, onde as moléculas do PEG são inertes não apresentando toxicidade as plantas, não iônicas e impermeável na célula, com isso o seu tamanho é pequeno o suficiente para influenciar a pressão osmótica e grande para não ser absorvida pelas plantas (MEDEIROS, 2013)

As respostas de plantas em condições de estresse dificultam quando feitas em campo, o isolamento, o controle de fatores individuais e a duração do estresse é comprometida. Assim, a indução do estresse *in vitro* permite melhor controle do ambiente, da intensidade e duração, visando trabalhar com mais plantas num espaço e tempo menor (MARTINS, 2016). A partir do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos do déficit hídrico *in vitro* simulado com a adição de PEG 6000 ao meio de cultivo sobre o desenvolvimento de plantas de híbrido comercial de eucalipto, analisando os efeitos morfológicos das plantas e na habilidade em se adaptar às condições de déficit hídrico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no dia 25 de agosto até o dia 19 de setembro de 2022 no laboratório de micro propagação do Instituto Senai de Inovação em Biomassa, localizado no município de Três Lagoas/MS.

O material vegetal utilizado para realização do experimento corresponde a explantes de um híbrido comercial de *Eucalyptus* cedidos pela empresa Eldorado Brasil, os quais já se encontravam estabelecidos *in vitro* em fase de alongamento e subcultivados a cada 35 dias em meio de cultura WPM.

Para os ensaios de déficit hídrico *in vitro*, adaptou-se a metodologia de ROSSATO (2019), SOUZA (1997) e LEMCOFF (2002). Preparou-se 500 ml de meio de cultura MS acrescentado de 0,05 g de myo-Inositol, 0,4 g Polyvinylpyrrolidone, 7,5 g sacarose e 2,215 g de sais MS, sem adição de reguladores de crescimento e autoclavou-se a 121°C durante 20 minutos.

Posteriormente, em câmara de fluxo laminar o meio de cultura foi distribuído em cinco frascos de vidro (100 ml em cada) e acrescentado em cada frasco diferentes concentrações de Polietilenoglicol 6000 (PEG), conforme Tabela 1. Em sequência, as soluções meio + PEG (tratamentos) foram homogeneizadas e o pH de cada uma delas padronizado para 5,8.

Tabela 1. Tratamentos com diferentes concentrações de polietilenoglicol 6000 e seus respectivos potenciais osmóticos para a indução de deficiência hídrica *in vitro*.

Tratamentos	Concentrações de polietilenoglicol (PEG)	Potenciais osmóticos
Frasco 1	0g (controle)	0 Mpa
Frasco 2	22,5g	- 0,75 Mpa
Frasco 3	30g	- 1,0 Mpa
Frasco 4	37,5g	- 1,25 Mpa
Frasco 5	45g	- 1,5 Mpa

Os potenciais osmóticos foram escolhidos de acordo com LEMCOFF (2002) e SOUZA (1997), no qual os trabalhos apresentam a avaliação dos potenciais osmóticos de -0,5 MPa a -3,0 MPa, onde no potencial osmótico de -0,5 não houve diferença significativa na deficiência hídrica das plantas e no potencial osmótico de - 3,0 MPa as plantas não foram tolerantes e morreram ao final do experimento.

Após essas etapas dentro da câmara de fluxo laminar, de cada tratamento (solução de meio + PEG) foi distribuído com auxílio de uma micropipeta 7 ml em 10 tubos de ensaio contendo vermiculita autoclavada, a fim de dar sustentação para as plantas, totalizando 50 tubos.

Posteriormente, com o auxílio de uma pinça, bisturi e régua, os explantes utilizados para o experimento foram padronizados quanto ao comprimento e número de folhas, e introduzidos sobre a vermiculita contendo os tratamentos com PEG. Introduziu-se um explante por tubo, totalizando 10 explantes por tratamento (10 repetições).

Os tubos com os explantes foram vedados com plástico filme, a fim de evitar interferência da umidade externa, e mantidos em sala de crescimento sob temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, fotoperíodo de 16 horas e intensidade luminosa de $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ por 25 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial de 1×5 , sendo uma espécie (híbrido de *Eucalyptus* sp.) e cinco concentrações de

PEG 6000 (0 g; 22,5 g; 30 g; 37,5 g e 45 g), totalizando cinco tratamentos com 10 repetições cada.

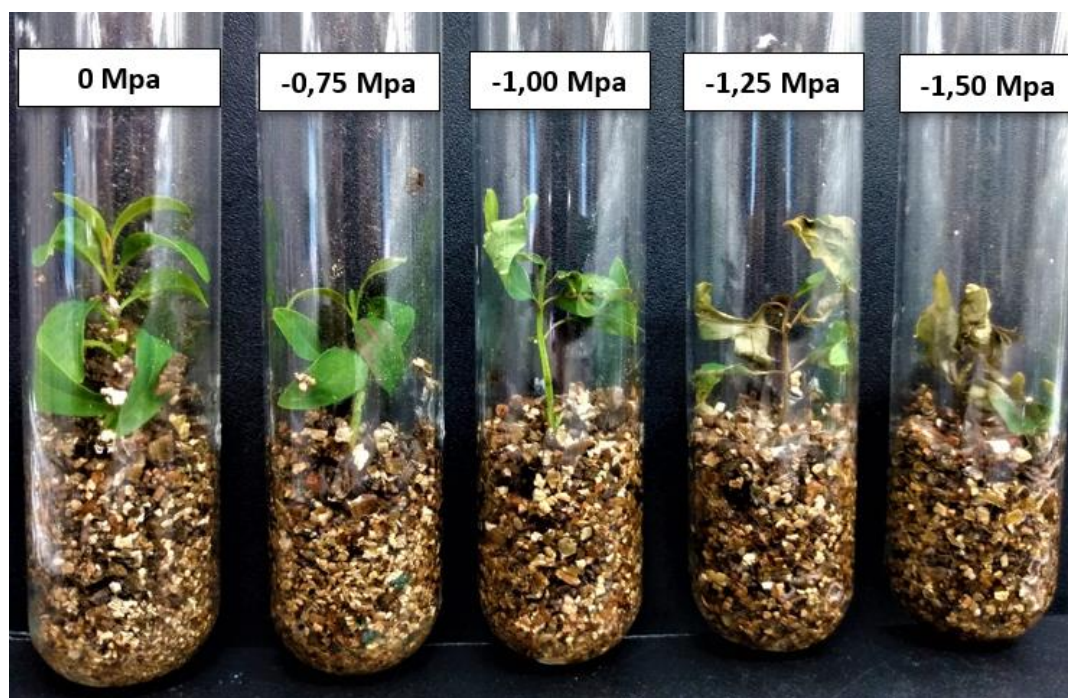
As avaliações foram realizadas aos 25 dias após a inoculação dos explantes submetidos aos tratamentos a fim de verificar a resistência das plantas ao déficit hídrico induzido. As variáveis analisadas foram: altura da planta (cm), número de folhas, massa fresca (MF) e massa seca (MS), através da pesagem de toda parte aérea de todos os explantes, em balança de precisão e após a secagem em estufa de 65°C por 48 horas.

Os dados obtidos foram analisados através do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019), sendo realizada a análise de variância (ANOVA) e regressão a 5% de probabilidade para detectar as diferenças estatísticas entre os tratamentos e o modelo da regressão selecionado com base no valor superior dos coeficientes de determinação (R^2).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados revelaram que as diferentes dosagens de PEG 6000 promoveram efeitos morfofisiológicos distintos nos explantes do híbrido de eucalipto após o período de 25 dias de cultivo *in vitro* sob estresse hídrico (Figura 1).

Figura 1. Efeitos morfofisiológicos nos explantes de um híbrido de eucalipto submetidos ao estresse hídrico *in vitro* com PEG 6000 aos 25 dias no laboratório de micro propagação do Instituto de Pesquisa e Inovação Senai em Biomassa, 2022



Fonte: Do autor, 2022.

Diferentemente do tratamento 1 (controle), onde apresentou o desenvolvimento normal das plantas, com a formação de novos brotos e crescimento de algumas raízes, foi possível observar para os tratamentos 2 (-0,75 MPa), 3 (-1,0 MPa), 4 (-1,25 MPa) e 5 (-1,50 MPa) alterações no desenvolvimento vegetativo dos explantes.

O tratamento 2 apresentou o início de manchas foliares e já não houve o desenvolvimento de raízes. Em grande parte dos explantes do tratamento 3 observou-se efeitos de estresse hídrico nas folhas e no caule, como encarquilhamento foliar e tortuosidade. Já no tratamento 4, os explantes começaram a apresentar sintomas mais severos, como início de necrose nas folhas e escurecimento do caule. No tratamento com o menor potencial osmótico (- 1,5 MPa), a maioria dos explantes apresentou efeitos do estresse hídrico, como folhas e caule totalmente necrosados e morte das plantas, demonstrando que os explantes não foram tolerantes a este potencial osmótico.

Entretanto, de acordo com a análise de variância, para o fator concentração de PEG 6000 não houve efeito significativo ($p < 0,05$) para as variáveis altura de planta (ALT), número de folhas (NF) e massa seca (MS), apenas a variável massa fresca (MF) variou significativamente ($p < 0,05$) quanto ao fator estudado (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para a altura média de plantas (ALT), número de folhas (NF), massa seca (MS) e massa fresca (MF) de explantes de um híbrido comercial de *Eucalyptus* sob estresse hídrico *in vitro* simulado com diferentes doses de PEG 6000, aos 25 dias no laboratório de micro propagação do Instituto de Pesquisa e Inovação Senai em Biomassa, 2022.

FV	GL	Quadrados Médios			
		ALT (cm)	NF (uni)	MF (g)	MS (g)
Concentração de PEG	4	0,90 ^{ns}	11,33 ^{ns}	0,002*	0,000 ^{ns}
Resíduo	45	0,77	4,50	0,00	0,000
Total	49	-	-	-	-
Média Geral	-	3,11	7,04	0,04	0,02
CV (%)	-	28,20	30,14	72,22	56,69

^{ns} Valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

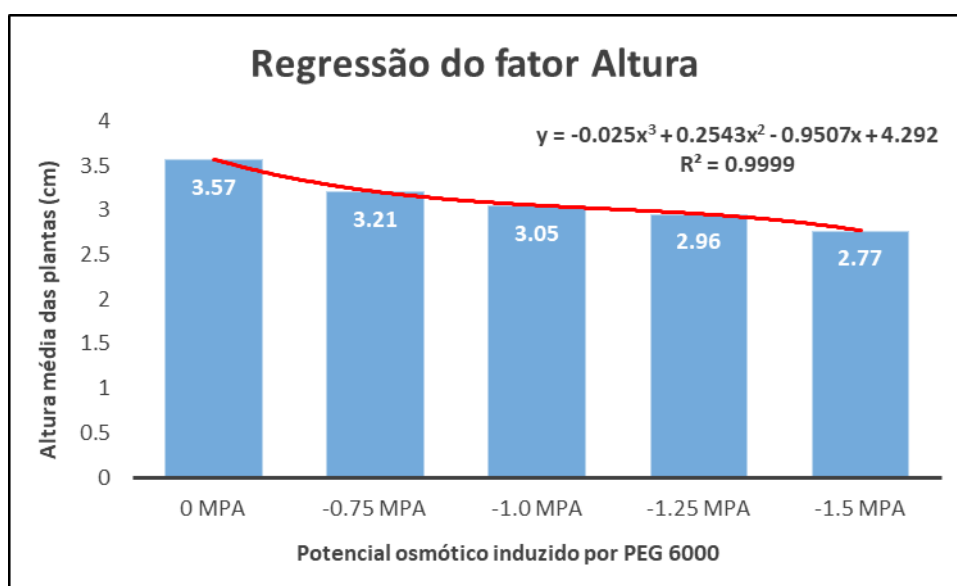
* Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

GL = graus de liberdade.

CV (%) = coeficiente de variação experimental.

Pela análise de regressão, observamos um decréscimo na altura dos explantes em função do aumento do potencial osmótico induzido por PEG 6000 (Figura 2).

Figura 2. Gráfico de regressão para o fator altura de plantas (cm) em função dos tratamentos de diferentes potenciais osmóticos induzidos por PEG 6000 em explantes de um híbrido comercial de *Eucalyptus in vitro*, no laboratório de micropropagação do Instituto de Pesquisa e Inovação Senai em Biomassa, 2022.



Fonte: Do autor, 2022.

Foram observados valores médios inferiores de altura dos explantes no tratamento 5 (-1,5 MPa), o que pode estar relacionado aos mecanismos de tolerâncias

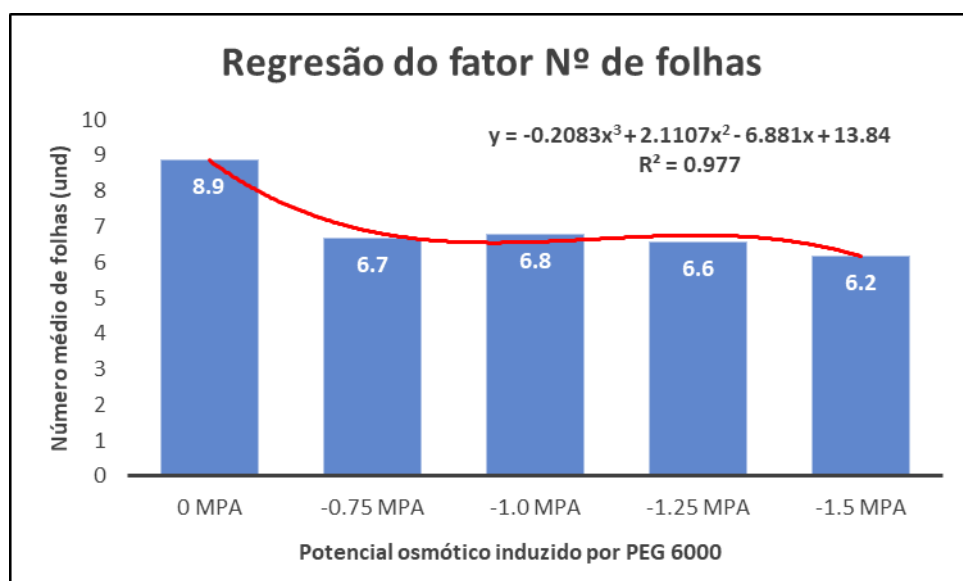
das plantas, que segundo Bianchi *et al.* (2016) se a intensidade do estresse for muito grande, irá ocasionar um estado de exaustão da planta, levando-a a um colapso celular até a morte prematura.

Em contrapartida, os valores médios superiores da altura dos explantes foram obtidos no tratamento controle (0 MPa), onde não houve concentrações de PEG 6000. Além disso, a regressão demonstra que os explantes começaram a apresentar os efeitos do estresse hídrico, como a redução em altura, logo no primeiro tratamento com potencial osmótico de -0,75 MPa.

Corroborando com este resultado, Souza *et al.* (1997) relatou uma redução constante na altura dos explantes de *E. camaldulenses* em função da diminuição do potencial osmótico no meio de cultivo, fato este que pode ser explicado devido a diminuição da dominância apical, ou seja, inibição do crescimento da planta como uma resposta ao estresse hídrico.

Em relação a variável número de folhas, de acordo com a análise de regressão, foi observado uma média mais constante do número de folhas entre os tratamentos, com exceção do controle, onde houve a maior média de folhas. Em contrapartida, a menor média desta variável foi observada no tratamento 5, o qual havia a maior concentração de PEG 6000 (Figura 3).

Figura 3. Gráfico de regressão para o fator número de folhas (uni) em função dos tratamentos de diferentes potenciais osmóticos induzidos por PEG 6000 em explantes de um híbrido comercial de *Eucalyptus in vitro*, no laboratório de micropropagação do Instituto de Pesquisa e Inovação Senai em Biomassa, 2022.



Fonte: Do autor, 2022.

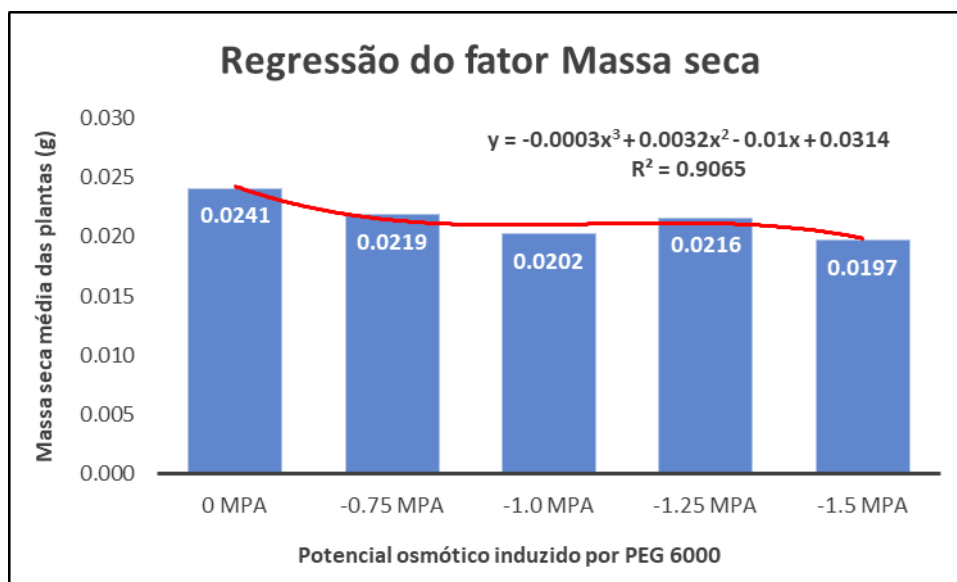
Segundo Taiz e Zeiger (2013), este efeito do desenvolvimento das folhas pode ocorrer pois as plantas podem sofrer estresses reversíveis ou irreversíveis ocasionados através de fatores bióticos ou abióticos.

Corroborando com este resultado, segundo trabalhos de Stefanuto (2002), indicam que a deficiência hídrica ao potencial osmótico de -0,9 MPa a -3,0 MPa demonstrou não ter influenciado na quantificação de folhas, porém ocorreu alterações nas estruturas anatômica das folhas de eucalipto.

Nas espécies de eucalipto, o estresse causado por deficiência hídrica tem diversos efeitos sobre o crescimento e desenvolvimento vegetativo, porém de maneira mais lenta, podendo cada espécie, clone ou híbrido apresentar respostas de resistência diferentes ao déficit de água (TATAGIBA *et al.*, 2007).

Para a variável massa seca, de acordo com as análises de regressão, não foi observado diferenças estatísticas e as médias observadas de cada tratamento também se mantiveram bastante próximas (Figura 4).

Figura 4. Gráfico de regressão para o fator massa seca (g) em função dos tratamentos de diferentes potenciais osmóticos induzidos por PEG 6000 em explantes de um híbrido comercial de *Eucalyptus in vitro*, no laboratório de micropropagação do Instituto de Pesquisa e Inovação Senai em Biomassa, 2022.



Fonte: Do autor, 2022.

Porém, a partir do tratamento 2 (-0,75 MPa) ocorreu a diminuição de massa seca dos explantes, mesmo que sutil, e novamente a menor média ocorreu no

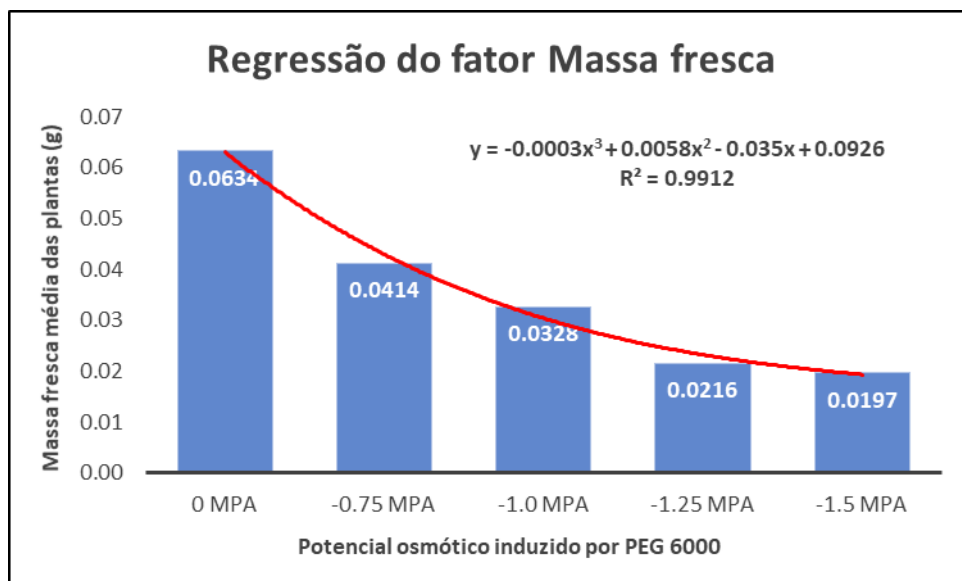
tratamento 5 (-1,5 MPa), demonstrando que o híbrido de eucalipto testado não é tolerante a este potencial osmótico.

Os resultados obtidos demonstram o que Gonçalves e Passos (2000) relatam sobre a diminuição do crescimento das plantas, sobretudo perda no volume dos tecidos e órgãos vegetativos, quando espécies florestais são submetidas a regime de escassez hídrica.

Por outro lado, Souza *et al* (1997) observou em seus estudos com diferentes progênies de *E. camaldulensis* sob estresse *in vitro* até o potencial osmótico de -3,0 MPa, que conforme houve a redução do conteúdo de água nas plantas, ocorreu um aumento da massa seca das mesmas, e que isso pode ser explicado pelo fato de que as plantas naturalmente perdem água de seus tecidos em função da redução do potencial osmótico do meio de cultivo.

De acordo com as análises de regressão, para a variável massa fresca foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, onde a maior média ocorreu no tratamento 1 (controle) e a menor média no tratamento 5 (-1,5 MPa) (Figura 5).

Figura 5. Gráfico de regressão para o fator massa fresca (g) em função dos tratamentos de diferentes potenciais osmóticos induzidos por PEG 6000 em explantes de um híbrido comercial de *Eucalyptus in vitro*, no laboratório de micropropagação do Instituto de Pesquisa e Inovação Senai em Biomassa, 2022.



Fonte: Do autor, 2022.

Com base na figura 5, fica evidente a redução de massa fresca dos explantes quando a absorção da água no meio de cultivo fica cada vez mais limitada.

A água possui um papel importante na fase de crescimento das plantas, desde o alongamento e divisão celular, manutenção da turgescência, transporte de íons e nutrientes e participação na fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Souza *et al.* (1997) em seu trabalho com *E. camaldulensis* sob estresse hídrico induzido *in vitro* também verificou essa resposta da perda de água constante das plantas quanto menor foi o potencial osmótico.

Segundo McCree e Fernández (1989), a resposta mais comum das plantas ao déficit hídrico, consiste no decréscimo da produção de massa fresca, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ensaios de déficit hídrico *in vitro* simulado com PEG 6000 demonstrou ser uma ferramenta interessante para a identificação precoce de materiais genéticos de eucalipto mais susceptíveis a este estresse abiótico, uma vez que foi possível obter respostas morfofisiológicas diferentes das plantas nos potenciais osmóticos estudados ainda em fase de laboratório e em um curto período de tempo (25 dias), o que torna mais ágil a escolha do material genético mais adequado.

Estes ensaios poderão ser replicados para outras espécies e clones de eucalipto a fim de detectar padrões no desenvolvimento e crescimento de plantas com mais tolerância à restrição hídrica.

Para uma diferenciação mais assertiva entre espécies de eucalipto mais e menos tolerantes ao déficit hídrico, ainda em fase de cultivo *in vitro*, é necessário realizar avaliações complementares a este estudo.

5. AGRADECIMENTOS

“Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro de gigantes” - Isaac Newton

Muitos foram os gigantes que me apoiaram nessa fase, e sem eles não teria sido possível concluir essa etapa.

Primeiramente agradeço a Deus por me permitir realizar esse sonho.

Agradeço a toda orientação da Daiane Secco e por todos os ensinamentos ministrados em sala de aula levados para a vida. A minha coorientadora Samira Rangel P. Frade pelos ensinamentos de vida, pela amizade e por toda ajuda e apoio para a elaboração dessa pesquisa e desenvolvimento do tc. A minha coordenadora Andricia Verlindo por todo o apoio e amizade durante estes cinco anos. A banca para a apresentação e defesa do tc. A todos os professores e a Faculdade UCP por todo conhecimento e oportunidades.

Agradeço a minha família, em especial minha mãe Gelsinei Goldacha que sempre esteve ao meu lado, aos meus avós Mariano Goldacha e Áurea Goldacha, ao meu tio Amauri Goldacha, meus sinceros agradecimentos por terem me incentivado a continuar meu voo.

Aos meus amigos que me incentivaram e apoiaram nessa etapa, obrigada pelos conselhos e apoio dado.

Por fim, agradeço ao Instituto de Inovação e Pesquisa em Biomassa pela oportunidade de estagiar e por todo o conhecimento adquirido, obrigada a toda equipe e amigos que me apoiaram e incentivaram, Marielle Paniago, Luiza Lopes e Matheus Sachetim.

6. REFERÊNCIAS

- BIANCHI, *et al.* **Adaptação das plantas ao déficit hídrico.** Cascavel, v.5, n.4, p. 15-32, 2016.
- CARNEIRO et al., **Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino.** Revista brasileira de sementes, v. 33, n 4, p. 752-761, 2011.
- DUTRA, Leonardo Ferreira; WENDLING, Ivar; BRONDANI, Gilvano Ebling. **A micropropagação de Eucalipto.** Pesquisa Florestal Brasileira, n.58, p.49-59, Colombo, 2009.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS.** REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA, [S.l.], v. 37, n. 4, p.529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Disponível em: <<http://www.biometria.ufra.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. Acesso em: 27 set. 2022.
- GONÇALVES et al., **Eucalypt plantation management in regions with water stress.** v.79, p.169-183, 2017.

IBÁ. **Relatório anual IBÁ 2021**, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>. Acesso em: 07 set. 2022.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2020**, Rio de Janeiro, v. 35, p. 1-8, 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2020_v35_informativo.pdf. Acesso em: 07 set. 2022.

JUNIOR, Laerte Scanavaca. **Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do Eucalyptus urophylla S. T. Blake e de seu potencial para utilização em serraria**. 2001. Dissertação (mestrado) – curso de mestrado em ciências florestais, escola superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, 2001.

LEMCOFF *et al.*, **Elastic and osmotic adjustments in rooted cuttings of several clones of Eucalyptus camaldulensis Dehnh. from southeastern Australia after a drought**. Argentina, 2002.

LIMA, Jessica de. **Aplicação foliar de silício em mudas de Eucaliptos e sua relação com a tolerância a deficiência hídrica**. Botucatu, 2017. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152604/lima_j_me_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 15 set. 2022.

LUZ, Horácio de Figueiredo. **Comparação de progênies de populações naturais e raças locais de Eucalyptus urophylla S.T. Blake**. 1997. Dissertação (mestrado) – curso de mestrado em ciências florestais, escola superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, 1997.

MACIEL *et al.*, **Boletim monitoramento de secas e impactos no Brasil**, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/monitoramento/monitoramento-de-seca-para-o-brasil/monitoramento-de-secas-e-impactos-no-brasil-2013-novembro-2021/boletim_brasil_112021.pdf. Acesso em: 06 set. 2022.

McCREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v.29, p.353-360, 1989.

MEDEIROS, Bruna Pintor De. **Estresse hídrico simulado por polietileno glicol 6000: Um estudo sobre os efeitos em plantas de tomate, *Herbaspirillum Seropedicae* e o potencial da inoculação na resistência ao estresse**. 2013. Dissertação (mestrado) – curso de mestrado em Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos Dos Goytacazes – RJ, 2013.

ROSSATO, Marieli. **Identificação genômica da família WRKY e o perfil de expressão sob déficit hídrico e moléculas sinalizadoras em Eucalyptus**. 2019. Tese (doutorado) – curso de fisiologia vegetal/ agronomia, Universidade Federal de Lavras, MG, 2019.

SOUZA, Gustavo Maia. **Influência da deficiência hídrica no desenvolvimento morfogênico do Eucalyptus camaldulensis Dehn. *in vitro***. 1997. Dissertação

(mestrado) – curso de mestrado em ciências florestais, escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.

STEFANUTO, Vanderlei Antonio. **Efeito do cálcio na homeostase de brotações de um clone de *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) sob condições de deficiência hídrica induzida *in vitro***. 2002. Dissertação (mestrado) – curso de mestrado em recursos florestais, escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

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

TATAGIBA, S. D. *et al.* **Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa**. Cerne, v.13, n.2, p.149-159, 2007. KERBAUY, Gilberto Barbante. Fisiologia Vegetal. São Paulo: Editora Guanabara Koogan S.A, 2013. p. 1-2. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/biologia/livros/FISIOLOGIA%20VEGETAL%20%GILBERTO%20BARBANTE%20KERBAUY.pdf>. Acesso em: 15 set. 2022.