

DIONÉIA FELIPPE

**TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE
Eucalyptus spp. SOB A INFLUÊNCIA DO HIDROGEL E FREQUÊNCIAS DE
IRRIGAÇÃO.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Dr. Marcio Carlos Navroski

Coorientador: Jean Alberto Sampietro

LAGES, SC

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Felippe, Dionéia
TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE
MUDAS DE *Eucalyptus spp.* SOB A INFLUÊNCIA DO
HIDROGEL E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO. / Dionéia
Felippe. - Lages , 2017.
165 p.

Orientador: Marcio Carlos Navroski
Co-orientador: Jean Alberto Sampietro
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Lages, 2017.

1. Polímero hidroretentor. 2. Irrigação
intermitente. 3. Déficit hídrico. I. Navroski,
Marcio Carlos. II. Sampietro, Jean Alberto . ,
.III. Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

DIONÉIA FELIPPE

TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE *Eucalyptus* spp. SOB A INFLUÊNCIA DO HIDROGEL E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Banca examinadora

Orientador: _____

Dr. Marcio Carlos Navroski

Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro externo: _____

Dr. Clenilso Sehnen Mota

Instituto Federal Catarinense

Membro interno: _____

Dr. Geedre Adriano Borsoi

Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages -SC, 24 de fevereiro de 2017

Dedico este trabalho a minha família,
principalmente aos meus pais pelo
esforço que sempre fizeram para que eu
tivesse a oportunidade de estudar e
chegar até aqui. Ao meu noivo Jacson
que me incentivou a buscar meus
sonhos e a conquistar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sabedoria e força de vontade e por ter permanecido ao meu lado durante todo o curso me dando coragem para chegar ao final;

A minha família, bem mais precioso que Deus me concedeu, em especial meus pais Nerci Felippe e Joira Martinelli, minhas irmãs Deise e Daiane, minhas sobrinhas Heloísa, Isabela e Laura, por me apoiar com amor, compreensão e confiança em todas as minhas decisões, por acreditarem em mim;

Ao meu noivo Jacson, por ser meu porto seguro e meu espelho, por todo amor, confiança, por seu incansável e constante apoio, incentivando-me na busca do crescimento profissional e pessoal e principalmente por compreender a minha ausência;

Ao Prof. Dr. Marcio Carlos Navroski, pela oportunidade de ter sido sua orientada, pela paciência, dedicação, estímulo e incentivo dado em todo o período de orientação, pelos seus valiosos ensinamentos que contribuíram significativamente em minha formação profissional e pessoal;

Ao Prof. Dr. Jean Alberto Sampietro, pela co-orientação, paciência, incentivo, pelos conhecimentos compartilhados e colaboração para o enriquecimento deste trabalho;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina, por ter concedido a oportunidade de cursar o mestrado e desenvolver este trabalho, em especial aos professores e colaboradores pelos valiosos conhecimentos transmitidos que contribuíram grandiosamente na minha formação;

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem fazer parte desse trabalho e contribuir com os seus conhecimentos;

Aos amigos do curso de mestrado pela amizade confiança e pelos momentos de alegria, parceria e boa convivência no decorrer dessa jornada;

Ao professor Clenilso, pela orientação dos conhecimentos fisiológicos, pela paciência, amizade, conversas esclarecedoras e todas as sugestões que fortaleceram a base deste estudo;

Aos colegas “Filhos do Navroski” pela oportunidade de convívio, descontração, pelo companheirismo, colaboração, e apoio nas horas das dificuldades;

A CAPES pelo apoio financeiro que foi fundamental para a realização desse estudo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada!

Se eu pudesse deixar algum presente a você, deixaria
aceso o sentimento de amar a vida dos seres humanos.
A consciência de aprender tudo o que foi ensinado pelo
tempo a fora. Lembraria os erros que foram cometidos
para que não mais se repetissem. A capacidade de
escolher novos rumos. Deixaria para você, se pudesse o
respeito àquilo que é indispensável. Além do pão, o
trabalho. Além do trabalho, a ação. E quando tudo mais
faltasse, um segredo: o de buscar no interior de si
mesmo a resposta e a força para encontrar a saída.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

FELIPPE, DIONÉIA. **Trocas gasosas, crescimento e sobrevivência de mudas de *Eucalyptus* spp. sob a influência do hidrogel e frequências de irrigação.** 2017 165p. Dissertação de mestrado em Engenharia Florestal Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2017.

A adição de polímeros hidroretentores como condicionadores de solo visam aumentar a capacidade de retenção de água no solo, propiciando melhor qualidade das mudas, não as tornando dependentes das condições climáticas ao longo do ano. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do uso do hidrogel no plantio de mudas de *Eucalyptus* sp. em vasos, relacionados com diferentes manejos hídricos, buscando fornecer informações sobre a eficiência do uso do hidrogel simulando condições de campo. O trabalho foi separado em quatro espécies (*Eucalyptus urograndis* de origem clonal, *Eucalyptus urograndis* de origem seminal, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii*). O experimento foi conduzido no município de Lages – SC, no viveiro florestal do CAV/ UDESC, realizado em DIC, esquema fatorial, onde os níveis do fator “A” referiram-se a ausência e a presença de hidrogel e os níveis do fator “B” ao manejo hídrico (irrigação somente no plantio, 8 dias, 4 dias e diariamente). Depois do plantio até o fim do período experimental foram realizadas avaliações da sintomatologia do estresse hídrico, características morfológicas, teores de clorofila, teor de água no solo e trocas gasosas. As diferenças estatísticas foram avaliadas segundo análise de variância seguidas do teste de Scott-Knott ou Tukey. Ao final do experimento foi avaliado o desenvolvimento das mudas através do incremento em diâmetro e altura, biomassa seca. Também realizou-se a determinação da curva de retenção de água disponível. Como resultado, o uso do hidrogel proporcionou um aumento significativo na retenção de água no solo, consequentemente um atraso nos sintomas de estresse hídrico, aumentando a taxa de sobrevivência ao longo do tempo. O estresse hídrico, na ausência do hidrogel, resultou em reduções na altura, diâmetro, área foliar, biomassa seca e índices de clorofila, sendo um fator limitante para a abertura estomática, contribuindo para a queda na assimilação de carbono pela fotossíntese. Quanto menor a disponibilidade de água, menor os valores de A, gs e E, sendo que o WUE aumentou quando diminuiu a disponibilidade de água. Em geral, os resultados obtidos com relação ao uso de polímeros hidroretentores confirmam a informação que a adição de hidrogéis no solo otimiza a disponibilidade de água, podendo diminuir os problemas de mortalidade no plantio.

Palavras-chave: Polímero hidroretentor. Irrigação intermitente. Déficit hídrico.

ABSTRACT

FELIPPE, DIONÉIA **Gaseous changes, growth and survival off *Eucalyptus* spp. under the influence of hydrogel and irrigation frequencies.** 2017 165p. Master's Dissertation in Forestry Engineering Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2017.

The addition of water-repelling polymers as soil-borers aims to increase soil water retention capacity, providing better quality of seedlings, not making them dependent on climatic conditions throughout the year. In this way, the objective of the present work was to evaluate the effect of hydrogel use in the planting of *Eucalyptus* sp. In pots, related to different water management, seeking to provide information on the efficiency of hydrogel use simulating field conditions. The work was separated into four species (*Eucalyptus urograndis* of clonal origin, *Eucalyptus urograndis* of seminal origin, *Eucalyptus dunnii* and *Eucalyptus benthamii*). The experiment was conducted in the municipality of Lages - SC, in the forest nursery of the CAV / UDESC, conducted in a DIC, factorial scheme, where the levels of factor "A" referred to the absence and presence of hydrogel and levels of factor "B" to water management (Irrigation only at planting, 8 days, 4 days and daily). After planting until the end of the experimental period, the evaluation of the symptoms of water stress, morphological characteristics, chlorophyll content, soil water content and gas exchange were performed. Statistical differences were assessed by analysis of variance followed by the Scott-Knott or Tukey test.) At the end of the experiment, the development of the seedlings was evaluated through the increase in diameter and height, dry biomass. The determination of the available water retention curve was also performed. As a result, the use of the hydrogel provided a significant increase in water retention in the soil, consequently a delay in the symptoms of water stress, increasing the rate of survival over time. Deficit water, in the absence of the hydrogel, resulted in reductions in height, diameter, leaf area, dry biomass and chlorophyll indexes, being a limiting factor for stomatal opening, contributing to the decrease in carbon assimilation by photosynthesis. The lower the water availability, the lower the values of A , gs and E , and the WUE increased when the water availability decreased. In general, the results obtained in relation to the use of hydro-ether polymers confirm the information that the addition of hydrogels in the soil optimizes the water availability and can reduce the mortality problems in the planting.

Keywords: Water-insoluble polymer. Intermittent irrigation. Deficit water

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Distribuição geográfica de <i>Eucalyptus dunnii</i> na região de ocorrência natural	34
Figura 2 - Distribuição geográfica de <i>Eucalyptus benthamii</i> na região de ocorrência natural.	36
Figura 3 - Distribuição geográfica de <i>Eucalyptus grandis</i> (A) na Austrália e <i>Eucalyptus urophylla</i> (B) em Timor, Flores e outras ilhas do arquipélago indonésio.	38
Figura 4 - Dados de precipitação registrados diariamente durante o período experimental, no município de Lages- SC.	45
Figura 5- Dados internos da casa de vegetação e dados externos da estação meteorológica da Epagri (Lages/SC), referente a umidade relativa do ar registradas diariamente durante o período experimental.	45
Figura 6- Dados internos da casa de vegetação e dados externos da estação meteorológica da Epagri (Lages/SC), referente à temperatura, registradas diariamente durante o período experimental.	46
Figura 7 - Demonstração do plantio das mudas. A - Vasos com a abertura da cova para o plantio das mudas. B – Mudas de <i>Eucalyptus</i> spp. após o plantio.	49
Figura 8 - Curva de retenção de água no solo com a ausência (0 g L^{-1}) e a presença de hidrogel (3 g L^{-1}), submetidos as tensões 1, 6, 10, 33 e 100, 500, 1000 e 1500 kPa. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre o uso de hidrogel, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.	54
Figura 9 - Avaliação da sintomatologia do estresse hídrico em plantas de <i>Eucalyptus</i> spp. submetidas a diferentes regimes de irrigação na presença e ausência de hidrogel. A- sem sintomas de murcha (SSM); B- sintoma leve de murcha (SLM); C- sintomas moderados (SMM); D – sintomas severos (SSM) e E – planta morta.	56
Figura 10- A - Valores de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) na ausência e presença de hidrogel somente no plantio. B- Valores de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) na ausência e presença de hidrogel na frequência de todos os dias C- Valores de área foliar específica e razão de área foliar na ausência e presença de hidrogel a cada 4 dias. D- Valores de área foliar específica e razão de área foliar na ausência e presença de hidrogel a cada 8 dias.....	65
Figura 11- Teor de água no solo relacionado com o inicio da sintomatologia visual do déficit hídrico em clones de <i>Eucalyptus urograndis</i> em função do teor de água do solo em função da irrigação e presença ou ausência de hidrogel. A- Irrigação apenas no plantio; B- Irrigação a cada 8 dias; C- Irrigação a cada 4 dias e D- Irrigação todos os dias. Onde SLM: Sintomas	

leves de murcha, SMM: Sintomas moderados de murcha. SSM: Sintomas severos de murcha e M: Planta morta.....	68
Figura 12- Teores de clorofila em clone de <i>Eucalyptus urograndis</i> em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. A- <i>clorofila a</i> ; B- <i>clorofila b</i> ; C- <i>clorofila total</i>	69
Figura 13 - Taxa fotossintética (A) em clone de <i>Eucalyptus urograndis</i> em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	71
Figura 14- Transpiração (E) em clone de <i>Eucalyptus urograndis</i> em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	73
Figura 15- Condutância estomática (g_s) em clones de <i>Eucalyptus urograndis</i> em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	74
Figura 16. Eficiência no uso da água (WUE) em clones de <i>Eucalyptus urograndis</i> em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	76
Figura 17 - Relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO ₂ (<i>ci/ca</i>) em clones de <i>Eucalyptus urograndis</i> em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação.	77
Figura 18 - A - Valores de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) na ausência e presença de hidrogel somente no plantio. B- Valores de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) na ausência e presença de hidrogel na frequência de 8 dias C- Valores de área foliar específica e razão de área foliar na ausência e presença de hidrogel todos os dias (diária). D- Valores de área foliar específica e razão de área foliar na ausência e presença de hidrogel a cada 4 dias.....	87
Figura 19- Teores de clorofila em mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. A- <i>clorofila a</i> ; B- <i>clorofila b</i> ; C- <i>clorofila total</i>	88

Figura 20 - Teor de água no solo e sintomatologia visual em mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel. A- Irrigação somente no plantio; B- Irrigação a cada 8 dias; C- Irrigação a cada 4 dias e D- Irrigação diária. Onde SLM: Sintomas leves de murcha, SMM: Sintomas moderados de murcha. SSM: Sintomas severos de murcha, M: Planta morta e PMP: Ponto de murcha permanente.....	90
Figura 21 - Taxa fotossintética (A) em mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação.....	92
Figura 22 - Transpiração (E) em mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação.....	94
Figura 23 - Condutância estomática (g_s) em mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação.	95
Figura 24 - Eficiência no uso da água (WUE) em mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação.	96
Figura 25 - Relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO ₂ (C_i/C_a) em mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação.....	98
Figura 26 - A - Valores de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) na ausência e presença de hidrogel somente no plantio. B- Valores de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) na ausência e presença de hidrogel na frequência de 8 dias C- Valores de área foliar específica e razão de área foliar na ausência e presença de hidrogel todos os dias (diária). D- Valores de área foliar específica e razão de área foliar na ausência e presença de hidrogel a cada 4 dias.....	108
Figura 27- Teores de clorofila em mudas de <i>Eucalyptus dunnii</i> em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. A- <i>clorofila a</i> ; B- <i>clorofila b</i> ; C- <i>clorofila total</i>	110
Figura 28 - Teor de água no solo e sintomatologia visual em mudas de <i>Eucalyptus dunnii</i> em função da presença ou ausência de hidrogel. A- Irrigação somente no plantio; B- Irrigação a cada 8 dias; C- Irrigação a cada 4 dias e D- Irrigação diária. Onde SLM: Sintomas leves de murcha, SMM: Sintomas moderados de murcha. SSM: Sintomas severos de murcha, M: Planta morta e PMP: Ponto de murcha permanente.	111
Figura 29 - Taxa fotossintética (A) em mudas de <i>Eucalyptus dunnii</i> em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes	

indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	113
Figura 30 - Transpiração (E) em mudas de <i>Eucalyptus dunnii</i> em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	115
Figura 31 - Condutância estomática (g_s) em mudas de <i>Eucalyptus dunnii</i> em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	116
Figura 32 - Eficiência no uso da água (WUE) em mudas de <i>Eucalyptus dunnii</i> em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	117
Figura 33 - Relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO_2 (C_i/C_a) em mudas de <i>Eucalyptus dunnii</i> em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	119
Figura 34 - Teores de clorofila em mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. A- clorofila a B- clorofila b C- clorofila total.....	126
Figura 35 - Teor de água no solo e sintomatologia visual em mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel. A- Irrigação somente no plantio; B- Irrigação a cada 8 dias; C- Irrigação a cada 4 dias e D- Irrigação diária. Onde SLM: Sintomas leves de murcha, SMM: Sintomas moderados de murcha. SSM: Sintomas severos de murcha, M: Planta morta e PMP: Ponto de murcha permanente.	127
Figura 36 - Taxa fotossintética (A) em mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	129
Figura 37 - Transpiração (E) em mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	131

Figura 38 - Condutância estomática (g_s) em mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	132
Figura 39 - Eficiência no uso da água (WUE) em mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	133
Figura 40 - Relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO ₂ (C_i/C_a) em mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características físicas e químicas do solo usado no experimento, oriundo do CAV/UDESC.....	47
Tabela 2 - Duração dos sintomas de estresse hídrico nas plantas, em dias, avaliado a partir do plantio até o 47º dia após o plantio de clones de <i>Eucalyptus urograndis</i> em vasos, em função da presença ou ausência de hidrogel e diferentes frequências de irrigação.....	57
Tabela 3- Resultados das médias do incremento em diâmetro (ID) e incremento em altura (IH) em função da presença (3 g L^{-1}) e ausência (0 g L^{-1}) do hidrogel e as frequências de irrigação em clone de <i>Eucalyptus urograndis</i>	60
Tabela 4. Médias da biomassa seca da raiz, do caule e total em função da frequência de irrigação em clones de <i>Eucalyptus urograndis</i>	62
Tabela 5. Médias da biomassa seca da folha em clone de <i>Eucalyptus urograndis</i> , em gramas por planta (g/pl) em função da presença ou ausência de hidrogel em diferentes frequências de irrigação.....	62
Tabela 6- Duração dos sintomas de estresse hídrico nas plantas, em dias, partir do plantio até o 47º dia após, em mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> de origem seminal em vasos, em função da presença ou ausência de hidrogel e diferentes frequências de irrigação.....	79
Tabela 7- Resultados das médias do incremento em diâmetro (ID) e incremento em altura (IH) em função da presença (3 g L^{-1}) e ausência (0 g L^{-1}) do hidrogel e as frequências de irrigação plantas de <i>Eucalyptus urograndis</i> de origem seminal.....	82
Tabela 8- Médias da biomassa seca da raiz e do caule em função da presença e ausência do hidrogel em mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> de origem seminal.....	83
Tabela 9 - Médias da biomassa seca da raiz, do caule e total em função da frequência de irrigação em mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> de origem seminal.....	84
Tabela 10 - Médias de área foliar em função da presença e ausência do hidrogel em mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> de origem seminal.....	86
Tabela 11 - Média dos resultados de duração dos sintomas de estresse hídrico nas plantas, em dias, avaliado a partir do plantio até o 56º dia após o plantio de <i>Eucalyptus dunnii</i> em vasos, em função da presença ou ausência de hidrogel e diferentes frequências de irrigação.....	100
Tabela 12 - Resultados das médias do incremento em diâmetro (ID) e incremento em altura (IH) em função da presença (3 g L^{-1}) e ausência (0 g L^{-1}) do hidrogel e as frequências de irrigação plantas de <i>Eucalyptus dunnii</i>	102

Tabela 13 - Médias da biomassa seca da raiz e do caule, em gramas por planta (g/pl) em função da frequência de irrigação em mudas de <i>Eucalyptus dunni</i>	104
Tabela 14 - Biomassa seca da folha em mudas de <i>Eucalyptus dunni</i> , em gramas por planta (g/pl) em função da presença ou ausência de hidrogel em diferentes frequências de irrigação.....	105
Tabela 15 - Médias da área foliar das mudas de <i>Eucalyptus dunni</i> , em cm ² em função da presença ou ausência de hidrogel em diferentes frequências de irrigação.....	106
Tabela 16 - Duração dos sintomas de estresse hídrico nas plantas, em dias, avaliado a partir do plantio até o 56º dia após o plantio de <i>Eucalyptus benthamii</i> em vasos, em função da presença ou ausência de hidrogel e diferentes frequências de irrigação.....	120
Tabela 17 - Incremento em altura em diâmetro (ID) e incremento em altura (IH) em mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> na presença e ausência de hidrogel e diferentes frequências de irrigação.....	123
Tabela 18- Biomassa seca da raiz em gramas por planta (g/pl) em função da presença e ausência do hidrogel em mudas de <i>Eucalyptus benthamii</i> submetidas a diferentes frequências de irrigação.....	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA – Análise de variância

SC – Estado de Santa Catarina

EPAGRI – Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de Santa Catarina

PMP – Ponto de murcha permanente

AD– água disponível

SLM – Sintomas leves de murcha

SMM – Sintomas moderados de murcha

SSM – Sintomas severos de murcha

NPV – Número de dias em que a planta permaneceu viva

M – Planta morta

A – Taxa fotossintética

g_s – Condutância estomática

E – Transpiração

WUE – Eficiência do uso da agua (A/E , $\mu\text{mol CO}_2\text{mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$)

Ci/Ca – relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO_2

ID –incremento em diâmetro

IH- incremento em altura

LISTA DE SÍMBOLOS

% – porcentagem

TA_a – teor de água atual da madeira em dado período de tempo (%)

m_a – massa atual da tora (kg)

m_i – massa inicial da tora (kg)

°C – graus Célsius cm – centímetros

g – grama

$g\ cm^{-3}$ – gramas por centímetro cúbico

h – altura (cm)

g – quilograma

m – metros

cm^2 – centímetros quadrados

cm^{-3} – centímetro cúbico

m^3 – metro cúbico

mm - milímetros

m_s – massa seca do solo (g)

m_u – massa úmida do solo (g)

n – número de observações

TA_i – teor de água inicial do solo (%)

mg/dm^3 – miligrama por decímetro cúbico

$cmolc/dm^3$ – cêntimo por decímetro cúbico

g/pl –gramas por planta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	29
2 OBJETIVOS	31
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	32
3.1 GÊNERO <i>Eucalyptus</i>	32
3.2 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES.....	33
3.2.1 <i>Eucalyptus dunnii</i> Maiden	33
3.2.2 <i>Eucalyptus benthamii</i> Maiden & Cambage	35
3.2.3 <i>Eucalyptus urograndis</i> (<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T.Blake).....	37
3.3 IRRIGAÇÃO E DÉFICIT HÍDRICO.....	39
3.4 POLÍMERO HIDRORETENTORES.....	41
4 MATERIAL E MÉTODOS	44
4.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL.....	44
4.2 ESPÉCIES UTILIZADAS E OBTENÇÃO DAS MUDAS.....	46
4.3 SOLO UTILIZADO.....	46
4.4 - PREPARO DOS VASOS E TRANSPLANTE.....	48
4.5-CARACTERIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	48
4.6 TEOR DE ÁGUA DO SOLO.....	50
4.7 SINTOMATOLOGIA.....	50
4.8 TEORES DE CLOROFILA.....	50
4.9 TROCAS GASOSAS.....	51
4.10 VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS.....	49
4.11 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA DISPONÍVEL.....	52
4.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	53
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
5.1 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA DISPONÍVEL.....	54
5.2 <i>Eucalyptus urograndis</i> DE ORIGEM CLONAL.....	55
5.2.1 Sintomatologia.....	55
5.2.2 Incremento em diâmetro do colo (ID) e altura (IH).....	59
5.2.3 Biomassa seca.....	60
5.2.4 Área foliar.....	63
5.2.5 Determinação do teor de água do solo.....	66
5.2.6 Índice de Clorofila	68
5.2.7 Trocas Gasosas	71
5.2.8 Conclusões.....	77
5.3 <i>Eucalyptus urograndis</i> DE ORIGEM SEMINAL.....	78
5.3.1 Sintomatologia.....	78
5.3.2 Incremento em diâmetro do colo (ID) e altura (IH)	81

5.3.4 Biomassa seca	83
5.3.3 Área Foliar	85
5.3.4 Índice de Clorofila	87
5.3.5 Determinação do teor de água do solo	89
5.3.6 Trocas Gasosas.....	91
5.3.7 Conclusões	98
5.4 <i>Eucalyptus dunnii</i> Maiden.....	99
5.4.1 Sintomatologia	99
5.4.2 Incremento em diâmetro do colo (ID) e altura (IH).....	102
5.4.3 Biomassa seca	103
5.4.4 Área Foliar	106
5.4.6 Índice de Clorofila	109
5.4.7 Teor de Água no Solo	110
5.4.8 Trocas Gasosas.....	113
5.9 Conclusões.....	119
5.5 <i>Eucalyptus benthamii</i>.....	120
5.5.1 Sintomatologia	120
5.5.2 Incremento em diâmetro do colo (ID) e altura (IH).....	123
5.5.3 Biomassa seca	124
5.5.4 Índice de Clorofila	125
5.5.5 Teor de Água no Solo	127
5.5.6 Trocas Gasosas.....	129
5.7 Conclusões.....	135
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	136
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137

1 INTRODUÇÃO

O setor brasileiro de árvores plantadas é responsável por aproximadamente 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no País, ocupando uma área de aproximadamente 7,74 milhões de hectares, correspondendo a 0,9% do território nacional, sendo que os demais 9% vem de florestas nativas legalmente manejadas. Dentre as espécies florestais mais cultivadas no Brasil, destaca-se o gênero *Eucalyptus*, ocupando hoje 5,56 milhões de hectares da área de árvores plantadas representando 71,9% do total (IBÁ, 2016).

Por ser de rápido crescimento, tem ganhado um destaque cada vez maior nos programas de reflorestamento. Destaca-se ainda a facilidade de manejo, grande incremento, diversidade de espécies e principalmente pela sua ampla gama de finalidades industriais.

A introdução de espécies oriundas de outras regiões, segundo Fernandes (2012), é sempre um processo que necessita de estudos direcionados à avaliação da sua capacidade de adaptação e sobrevivência, bem como seus reflexos sobre a produtividade econômica. Para a implantação de florestas produtivas é necessária uma combinação de vários fatores, tais como materiais genéticos adaptados ao local, condições edafoclimáticas favoráveis, manejo adequado e mudas de alto padrão de qualidade (DAVIDE; FARIA, 2008). No entanto, a escolha de espécies tolerantes à seca é de grande importância para o sucesso da atividade florestal em locais sob restrições hídricas.

A influência das variáveis ambientais no crescimento de povoamentos de eucalipto é notória, uma vez que o crescimento e o desenvolvimento das plantas são afetados por fatores ambientais, dentre eles destacam-se os abióticos como, a precipitação pluviométrica, a evapotranspiração potencial, a temperatura mínima e a temperatura máxima e o disponibilidade hídrica no solo (STRECK, 2002; MAESTRI, 2003).

As variações na produtividade do eucalipto estão relacionadas com as diferenças de suprimento de água, suprimento de nutrientes, aeração do solo e a restrição mecânica ao crescimento de raízes, sendo que, a água (seca) é considerada o fator que mais influencia o crescimento das plantas (MELO, 1994; LEITE, 1996). Muitas vezes, as plantas se encontram sob condições desfavoráveis ao seu desenvolvimento, sendo que a intensidade e os efeitos prejudiciais às mesmas dependerão da duração e da severidade dessas condições (FLEXAS et al. 2002), do estádio de desenvolvimento e do genótipo utilizado (TARDIEU; SIMONNEAU, 1998), dentre outros fatores.

O efeito da deficiência hídrica sobre as plantas é complexo, não havendo um mecanismo universal de resistência à seca, pois as plantas respondem através de vários

processos adaptativos à escassez de água como, por exemplo, através da capacidade de reduzir o potencial hídrico, aliada às adaptações fisiológicas, anatômicas e morfológicas (NOGUEIRA et al., 2005).

Portanto, a irrigação das mudas de espécies florestais durante o plantio e, principalmente nas primeiras semanas da implantação é considerada uma operação de fundamental importância em plantios comerciais, sobretudo nas épocas mais secas do ano, tendo influência direta na sobrevivência e no desenvolvimento das mesmas, pois nessa fase as mudas ainda apresentam o sistema radicular pouco desenvolvido sendo dessa forma mais suscetível a deficiência hídrica.

A partir disso, surge, no entanto a utilização de polímeros hidroretentores como condicionadores de umidade no solo, auxiliando principalmente na retenção e disponibilidade de água para as mudas recém-plantadas sendo este, uma substância orgânica capaz de absorver e armazenar muita água em relação ao seu peso. Conhecido também como hidrogel ou polímero absorvente, tem sido muito difundido na agricultura, na produção de mudas olerícolas e frutíferas diversas.

Foelkel (2009) cita que entre as escassas pesquisas já realizada com o uso do hidrogel na cultura do eucalipto no Brasil, alguns objetivos tem sido buscados, a fim de favorecer o plantio florestal ao longo de todo o ano, mesmo durante a estação de secas, reduzir as quantidades de água aplicadas na irrigação, algo difícil e caro de se levar ao campo e se aplicar em largas extensões.

Assim, além da diminuição da irrigação, o uso do hidrogel poderá contribuir para a maior retenção da água no solo, melhoria das técnicas silviculturais, contribuindo para a viabilização do plantio o ano todo, não se tornando dependente das variações climáticas observadas ao longo do ano. Além disso, contribuirá para o aumento da sobrevivência diminuindo o risco da ocorrência de falhas durante o estabelecimento do povoamento, reduzindo custos e retrabalho o que poderá favorecer a produção de mudas tanto em quantidade quanto em qualidade, buscando assim a sustentabilidade florestal.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa foi avaliar o efeito do hidrogel no plantio de mudas de *Eucalyptus spp.* em vasos, relacionados sob diferentes manejos hídricos, buscando fornecer informações sobre a eficiência do uso do hidrogel em ambiente controlado. Para esse fim, especificamente, objetivou-se:

- Determinar a curva de retenção de água disponível no solo, sob a presença e ausência do polímero hidroretentor.
- Determinar o teor de água no solo relacionando com a presença e ausência do hidrogel em função das diferentes frequências de irrigação.
- Determinar os teores de *clorofila a, b e total*.
- Avaliar comportamento das trocas gasosas foliares (fotossíntese, condutância estomática, transpiração, eficiência no uso da água e relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO₂).
- Avaliar a sintomatologia visual e a sobrevivência das mudas durante todo o período experimental.
- Avaliar as características biométricas, quantificando a biomassa da parte aérea e do sistema radicular, determinando os valores de área foliar e o incremento em altura e diâmetro.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 GÊNERO *Eucalyptus*

Nativo da Austrália, pertencente à família Myrtaceae, subfamília Leptospermoideae, conhecido popularmente como eucalipto uma designação vulgar das várias espécies vegetais do gênero *Eucalyptus*, foi descrito em 1788 pelo botânico francês Charles Louis L'Héritier de Brutelle. Este gênero apresenta mais de 600 espécies, grande número de variedades e híbridos naturais, as quais ocorrem naturalmente no continente australiano e ilhas da Oceania (ANDRADE, 1961).

O gênero apresenta uma ampla plasticidade e dispersão mundial, crescendo satisfatoriamente em diferentes situações edafoclimáticas, extrapolando àquelas das regiões de origem (SANTOS et al., 2001). Dentre as inúmeras espécies arbóreas existentes, o eucalipto é extensivamente plantado por apresentar rápido crescimento, produtividade, diversidade de espécies, grande capacidade de adaptação e produzir madeira de importância comercial para os mais diversos usos (MORA; GARCIA, 2000). No mundo, aproximadamente 90 países usam este gênero em plantios comerciais, utilizando a sua madeira como matéria-prima destinada para fins industriais e o abastecimento do setor energético (MOURA; GUIMARÃES, 2003).

O primeiro registro da presença do eucalipto no Brasil é de 1825, utilizado como planta ornamental. As primeiras espécies foram oficialmente trazidas para o Brasil, com fins comerciais, entre 1900-1910, por Navarro de Andrade, para atender a uma crescente demanda de madeira como fonte energética para as locomotivas a vapor da Companhia Paulista de Estrada de Ferro. Mas foi nos anos 50 que a importância econômica do eucalipto ganhou impulso no Brasil, com o início de sua utilização como matéria-prima para a produção de celulose e papel (HASSE, 2006).

O Brasil se destaca mundialmente em termos de competitividade no setor florestal devido às ótimas condições climáticas que possui, aliada a tecnologia desenvolvida pelas empresas e instituições de pesquisa (EMBRAPA, 2003). Conforme Amaral (2000), das espécies florestais, as do gênero *Eucalyptus* tem sido as mais plantadas nas diversas regiões brasileiras, devido ao seu rápido crescimento e a alta capacidade de produção de madeira, oriundas da grande adaptação a uma diversidade de condições ecológicas e ao número expressivo de espécies.

De acordo com Lobão et al. (2004), ao se pensar em espécies de rápido crescimento, como alternativa para produção de madeira, o gênero *Eucalyptus* se apresenta como uma opção potencial das mais importantes, não somente por sua capacidade produtiva e adaptabilidade a diversos ambientes, mas, sobretudo, pela grande diversidade de espécies, tornando possível atender aos requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos da produção industrial madeireira. Além do mais, um dos principais benefícios do cultivo do eucalipto, segundo Viera (2010), é oferecer uma alternativa para o suprimento de madeira, diminuindo, dessa forma, a pressão sobre as florestas nativas, pois, mesmo que estas pudessem ser utilizadas de forma sustentável, não seriam suficientes para atender à crescente demanda de madeira, devido às dificuldades técnicas de manejo para que se obtenha a produtividade compatível com as necessidades das empresas.

Grande parcela das florestas plantadas de *Eucalyptus* é originária de plantios clonais de alta produtividade, com adaptação e tolerância a fatores adversos de clima, solo, água, entre outros (ABRAF, 2006), ressaltando-se diante disso a influência da disponibilidade hídrica no solo sobre desenvolvimento das florestas.

3.2 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES

3.2.1 *Eucalyptus dunnii* Maiden

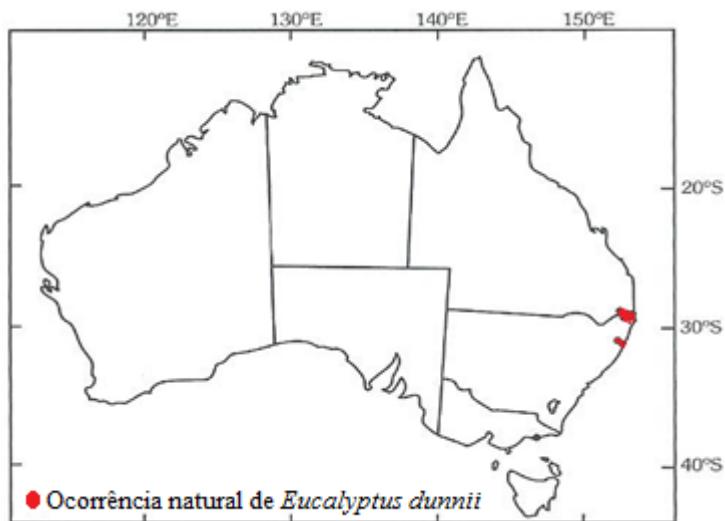
Sua distribuição natural é limitada à região de Coffs Harbour, nordeste de New South Wales e sul de Queensland, na Austrália. A amplitude longitudinal da sua distribuição, aproximadamente está entre 25° e 30°15' S (Figura 1). Devido à restrita área de ocorrência natural é classificada como uma espécie rara, porém cada vez mais importante em plantios comerciais (THINLEY et al., 2005).

Jovanovic et al. (2000) citam que na área de ocorrência natural, a precipitação média anual varia de 845 mm a 1.950 mm, com regime de chuvas no verão e um período de dois meses de estação seca. A temperatura média anual oscila de 14 °C a 18 °C, a temperatura máxima do mês mais quente de 24 °C a 29 °C, e a temperatura mínima do mês mais frio de -1 °C a 7 °C. A temperatura mínima absoluta nessa região varia de -5 °C a 10 °C.

Segundo a FAO (1981), o *Eucalyptus dunnii* na Austrália, atinge altura de 40 a 50 metros, e é considerada uma das espécies do gênero de crescimento mais rápido e tolerante ao frio. Filho; Santos (2005) indicam esta espécie para plantios em regiões com temperaturas mínimas absolutas de até -5 °C sob condições de aclimatação prévia, mediante a gradual

redução da temperatura na estação fria, suportando nessas condições até 22 geadas anuais, sendo recomendada para o plantio comercial no planalto brasileiro, desde São Paulo até o Rio Grande do Sul. Portanto é uma espécie potencial para o empreendedor florestal, em função da tolerância a geadas, além de apresentar crescimento rápido e excelente forma, e possuir boas qualidades tecnológicas (LEITE et al., 1973).

Figura 1. Distribuição geográfica de *Eucalyptus dunnii* na região de ocorrência natural



Fonte: Adaptado de Boland et al. (2006).

O uso de sua madeira é voltado para diversas finalidades, mas dentre elas destaca-se principalmente para a produção de papel e celulose, além de lenha, carvão, moirões, postes e madeira serrada. A produtividade de plantios tem uma alta adaptabilidade mesmo em condições de clima temperado como o que ocorre na região Sul do Brasil, com bons índices de produtividade (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2005), (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006).

Na região, em especial no estado do Paraná e de Santa Catarina, regiões propícias ao inverso rigoroso, essa espécie tem demonstrado boa tolerância às geadas (EMBRAPA, 1988). Na Serra Catarinense, é uma espécie tradicionalmente empregada em plantios comerciais, por possuir características que se adaptam ao padrão climático da região. Essa característica foi confirmada por Oliveira (1988) que comparou o crescimento de 31 espécies de eucaliptos na região de Três Barras, SC. Calori; Kikuti (1997), testando propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus dunnii* com 20 anos de idade, em função dos resultados obtidos, recomendam tal madeira para situações onde se exigem resistências mecânicas, para fins

estruturais, como assoalhos, parquetes, carrocerias, cabos de ferramentas, etc. Jaeger; Ziger (2007) observaram que os painéis compensados constituídos de *Eucalyptus dunnii* apresentaram os melhores resultados, ressaltando a viabilidade de uso da madeira para esse fim.

Apresenta reduzido potencial invasivo, decorrente da escassa produção de sementes, o que dificulta sua propagação aleatória (BILLARD; LALLANA, 2005), porém quase que a totalidade das mudas é formada a partir de origem seminal, devido às dificuldades da espécie em se trabalhar com propagação vegetativa. Segundo Paludzyszyn Filho et al. (2006), algumas espécies de *Eucalyptus*, como no caso o *Eucalyptus dunnii*, apresentam dificuldades para a propagação vegetativa devido ao baixo índice de enraizamento. Além disso, a maioria das espécies resistentes ao frio apresenta recalcitrância ao enraizamento (ASSIS ; MAFIA, 2007).

3.2.2 *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage

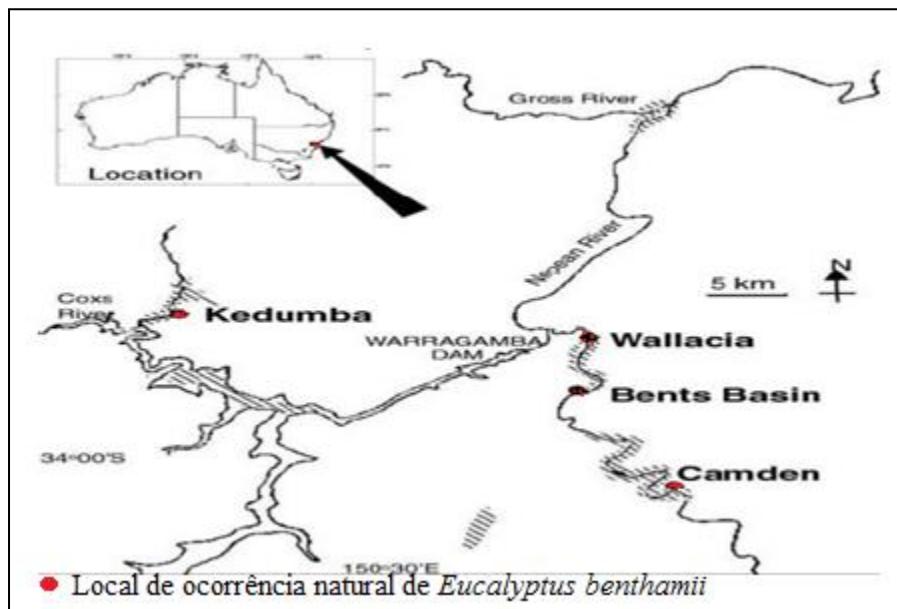
Eucalyptus benthamii, encontrado originalmente em áreas restritas, ao sudoeste da cidade de Sydney em planícies ao longo do rio Nepean e seus afluentes. Originalmente ocorria em solos férteis das partes planas de deposição de rios (PRYOR, 1981).

Na Austrália é uma espécie ameaçada de extinção, agora estando restrita somente em duas populações pouco extensas, uma pequena população de indivíduos espalhados ao longo do Rio Nepean entre Wallacia e Camden e outra população maior em Kedumba Creek ($33^{\circ}49'S$, $150^{\circ}22'E$) e a montante da confluência com o Rio Coxs (BENSON, 1985), como pode ser visualizado na figura 2. O mesmo autor comenta que desde 1933 a população natural de *Eucalyptus benthamii* foi afetada por três incêndios, ocorridos em dezembro de 1957, em dezembro de 1979 e em outubro de 1981. Os dois últimos incêndios queimaram diferentes partes da população. Além disso, a maior parte das populações naturais, foram alagadas com a construção da barragem de Warranga, que fornece água a cidade de Sydney. Além da construção da barragem, a região tem sido extensivamente usada para a agricultura (SILVA et al., 2012).

A média da temperatura anual na região de ocorrência natural oscila de $13^{\circ}C$ a $17^{\circ}C$, com média das temperaturas máximas do mês mais quente entre $26^{\circ}C$ a $30^{\circ}C$ e média das temperaturas mínimas do mês mais frio de $1^{\circ}C$ a $3^{\circ}C$. Além disso, a espécie pode suportar temperaturas mínimas do mês mais frio de $-1^{\circ}C$ a $3^{\circ}C$, sendo considerada tolerante a geadas e a secas (JOVANOVIC; BOOTH, 2002). Conforme Darrow (1995) a temperatura mínima

absoluta que o *Eucalyptus benthamii* pode suportar, registrada em abrigo meteorológico é de até -6°C, onde foi observada forte tolerância à geada, sendo essa superior ao *Eucalyptus dunnii*.

Figura 2 - Distribuição geográfica de *Eucalyptus benthamii* na região de ocorrência natural.



Fonte: adaptado de Benson (1985)

A madeira é moderada com densidade básica de 0,47 g/cm³, cerne e alburno distintos, sendo o cerne de cor marrom-avermelhada e o alburno rosado. Apresenta textura fina a média, grã-irregular, cheiro e gosto imperceptíveis e superfície levemente brilhante (NISGOSKI et al., 1998). Apresenta taxas de crescimento elevadas tendo exibido capacidade de crescer em diversos sítios, incluindo aqueles sujeitos a secas e geadas (FAO et al., 2004). No entanto, de acordo com Paludzyszyn Filho et al. (2006), são escassos os resultados de plantios com a espécie e, além disso, os usos da madeira ainda estão sendo avaliados.

Pode atingir até 40 metros de altura com longevidade de até 200 anos, possui casca lisa, apresenta inflorescências brancas entre março e maio, sua cápsula apresenta entre 4 a 5 mm de comprimento com dispersão das sementes entre junho e dezembro. O melhor desenvolvimento da espécie ocorre em neossolos flúicos (solos aluviais) (BENSON; McDougall, 1998).

Estudos apontam grande probabilidade de uso da espécie para fins energéticos e industriais, porém atualmente, seu uso não é aconselhado para serraria, pois além das rachaduras do topo das toras e tábuas, apresenta empenamento e rachaduras internas durante a

secagem, com índices elevados de contração volumétrica e de coeficiente de anisotropia, mesmo em condições amenas de secagem em temperatura ambiente e a sombra (HIGA; PEREIRA, 2003).

No Brasil, uma das primeiras populações genéticas de *Eucalyptus benthamii* de que se tem registro foi introduzida em 1988 pela Embrapa Florestas em Colombo no Estado do Paraná. Esse povoamento constou de famílias misturadas de sete a dez matrizes da procedência Wentworth Falls (NSW), Austrália, apresentando alta resistência a geada, rápido crescimento, boa forma de fuste e alta homogeneidade do talhão, estimando-se altura média de 21,7 m e DAP médio 22 de 18,2 cm aos oito anos de idade (HIGA; PEREIRA, 2003). Também em Colombo, cresceu 2,3 m em altura e 2,7 cm em diâmetro ao ano, em média, aos oito anos de idade (PEREIRA et al., 2000). Ainda no Paraná, mas no município de Dois Vizinhos, a altura média observada aos quatro anos de idade foi de 16 m e DAP de 15 cm (HIGA; CARVALHO, 1990).

Já o uso para produção de celulose kraft com madeira de *Eucalyptus benthamii* aos seis anos de idade provenientes de povoamento experimental da EMBRAPA Florestas, localizado no município de Guarapuava, apresentou estrutura anatômica bastante semelhante às de outras espécies do gênero e densidade básica e dimensões das fibras dentro dos parâmetros dos clones utilizados atualmente pela indústria nacional de celulose e papel. Do ponto de vista de constituição química, apresentou qualidade inferior quando comparado a clones de híbridos de alta performance de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos sete anos de idade, provenientes do sul da Bahia (ALVES et al., 2011).

Ao se utilizar produtos florestais não madeireiros como fonte alternativa Boscardin (2009) analisou o óleo volátil de *Eucalyptus benthamii* e revelou uma atividade antioxidante total superior a demais tratamentos utilizados, mostrando que a espécie é promissora como matéria-prima para a indústria farmacêutica.

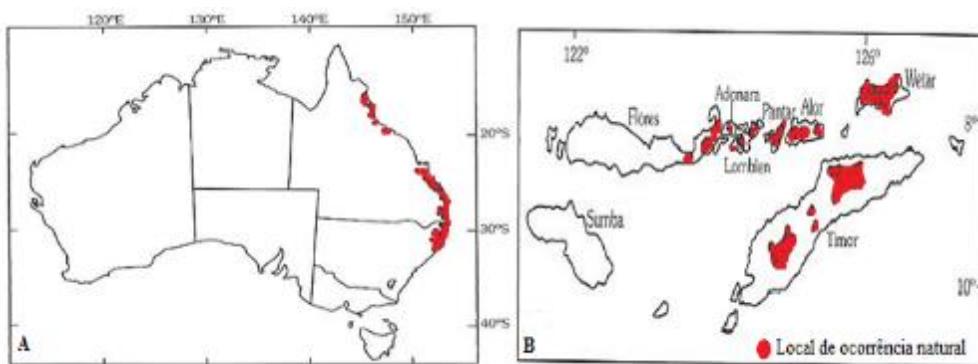
3.2.3 *Eucalyptus urograndis* (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake)

Eucalyptus urograndis é um híbrido desenvolvido no Brasil, através do cruzamento do *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake. Carvalho (2000) cita que o objetivo do cruzamento destas duas espécies foi obter plantas com um bom crescimento, características do *Eucalyptus grandis*, assim como um leve aumento na

densidade da madeira e melhorias no rendimento e propriedades físicas da celulose, características do *Eucalyptus urophylla*.

Eucalyptus grandis, tem ocorrência natural ao norte do Estado de Nova Gales do Sul, próximo a latitude de 25° e 33°S e nas regiões centrais, latitude 21° S e ao norte de Queensland, estendendo-se até entre os paralelos 16° a 19 ° S (Figura 3A). A altitude varia desde o nível do mar até 600 m na maioria das populações e de 500 a 1.100 m nas áreas do norte. O clima é principalmente, quente e úmido. A temperatura máxima do mês mais quente está entre 24 e 30° C e a mínima do mês mais frio, de 3 a 8 ° C. Esta espécie é encontrada em vários tipos de solo, mas geralmente, em solos profundos e bem drenados, com moderada fertilidade, não tolerando ambientes alagados (FONSECA et al., 2010).

Figura 3 - Distribuição geográfica de *Eucalyptus grandis* (A) na Austrália e *Eucalyptus urophylla* (B) em Timor, Flores e outras ilhas do arquipélago indonésiano.



Fonte: Adaptado de Boland et al. (2006).

Já o *Eucalyptus urophylla*, é uma das poucas espécies de *Eucalyptus* que não ocorre na Austrália. Sua área de ocorrência situa-se em Timor, Flores e outras ilhas do arquipélago indonésiano. (FONSECA et al., 2010). Ocorre principalmente entre 7° e 10° de latitude Sul e 122° a 127° de longitude Leste. É encontrado com maior frequência em altitudes por volta de 500 m, podendo ocorrer em locais de até 3.000 m. (Figura 3B). O clima destes locais é tropical a subtropical úmido. A temperatura anual varia de 10°C a 29°C entre os meses mais frio e mais quente. As geadas ocorrem apenas nas áreas mais altas, em alguns dias do ano, e a precipitação anual é de 1.000 a 1.500 mm (Boland et al., 1992). O período seco não ultrapassa quatro meses.

Tanto as espécies *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, assim como o híbrido resultante de seu cruzamento adquiriram grande importância na indústria nacional de celulose e papel. Neste contexto, Martins; Ikemori (1987) estudando vários cruzamentos entre espécies

de eucalipto destacam que este híbrido foi o que mais se destacou, devido suas características desejáveis para a produção de celulose, sua boa produtividade e adaptação ecológica às condições do local mostrando inclusive resistência ao cancro. Gouvêa et al.(1997) relatam que a rusticidade, propriedades da madeira e resistência ao déficit hídrico do *Eucalyptus urophylla*, fazem com que as plantas desta espécie possuam alto potencial para programas de hibridação com o *Eucalyptus grandis*, que possui um bom desenvolvimento silvicultural, sendo possível obter material mais homogêneo e com qualidades da madeira desejáveis. De acordo com Montanari (2007), o *Eucalyptus urograndis* apresenta boas características quanto à adaptação aos diferentes sítios florestais e, além disso, é mais produtivo e apresenta melhor característica da madeira.

Eucalyptus urograndis foi introduzido no Brasil em 1919, em Rio Claro, SP, por Navarro de Andrade (PRYOR, 1971). Em 1974 iniciaram-se os trabalhos de propagação vegetativa a partir de estacas coletadas de brotações de cepas de eucalipto. A primeira plantação clonal, conforme citam Mora; Garcia (2000) foi estabelecida em 1979 em 1000 ha no estado do Espírito Santo, pela empresa Aracruz que empregou a técnica de propagação vegetativa do eucalipto, sendo a primeira a obter em suas florestas produtividades de 50 m³/ha/ano, com este híbrido, mas foi na década de 1990 que essa espécie impulsionou o ritmo de crescimento florestal, bem como a qualidade mais homogênea das florestas plantadas (LOPES, 2008).

Atualmente a prática é usada para diversos tipos de híbridos ou para espécies puras, sendo que em paralelo, as empresas mantêm bancos genéticos para que novos genes possam ser acionados quando requeridos (Foelkel, 2007), e, desta forma, alterar suas características físico-químicas e anatômicas, principalmente pela sua capacidade de hibridação (Olivetti Neto, 2007). Obter plantas com um bom crescimento (característica do *Eucalyptus grandis*) e com um leve aumento da densidade da madeira e melhorias no rendimento e propriedades físicas da celulose (características do *Eucalyptus urophylla*) é o objetivo do cruzamento destas duas espécies (Carvalho, 2000), que, segundo Ikemori; Campinhos (1983) é de grande importância para produção de polpa celulósica

3.3 IRRIGAÇÃO E DÉFICIT HÍDRICO

A água é o principal constituinte do tecido vegetal, desempenhando papel fundamental na vida das plantas. Para cada grama de matéria orgânica produzida pela planta, aproximadamente 500 g de água são absorvidos pelas raízes, translocados nas plantas e

perdidos para atmosfera. Atua como reagente no metabolismo vegetal, transporte e translocação de solutos, na turgescência celular, na abertura e fechamento dos estômatos e na penetração do sistema radicular. Mesmo um pequeno desequilíbrio nesse fluxo de água pode causar déficits hídricos e mau funcionamento severo de inúmeros processos celulares (TAIZ; ZEIGER, 2014).

A redução da água disponível no solo para a planta influencia negativamente o seu crescimento e desenvolvimento, sendo que a deficiência hídrica pode afetar o crescimento e desenvolvimento de espécies lenhosas em qualquer fase de seu ciclo (SINCLAIR; LUDLOW, 1986). Desta forma o aporte hídrico é o principal elemento controlador da produtividade do eucalipto, assim, em períodos de déficit hídrico, a produção de madeira é significativamente afetada (STAPE, 2002).

As variações na produtividade do eucalipto estão relacionadas às diferenças de suprimento de água, aeração do solo, restrição mecânica ao crescimento de raízes e suprimento de nutrientes, sendo que, entre estas, a água é considerada um dos fatores que mais influencia o crescimento das árvores Melo (1994); Leite (1996). Sarvas et al. (2007) afirmam que as condições de solo e umidade são fatores chave para o estabelecimento de florestas, pois afetam o plantio e a regeneração das plantas.

Os efeitos da deficiência hídrica sobre as plantas são complexos, não havendo um mecanismo padrão de resistência à seca. As plantas respondem a essa condição por meio de vários processos adaptativos, como a capacidade de reduzir o potencial hídrico, aliada a adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas (NOGUEIRA et al., 2005). A primeira e mais sensível resposta à deficiência hídrica é a diminuição da turgescência celular, que provoca o fechamento dos estômatos e a redução da fotossíntese (LARCHER, 2006).

O movimento estomático é o mecanismo principal de controle de trocas gasosas nas plantas superiores. Através dos estômatos ocorre o influxo de CO₂, necessário ao processo fotossintético e ao crescimento, e o fluxo de água, por meio da transpiração (BALDOCHI et al., 1991; NOBEL, 1991; LARCHER, 2006; TAIZ ; ZEIGER, 2014).

Algumas espécies ou clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos apresentam redução dos valores de fotossíntese, condutância estomática e transpiração (TATAGIBA et al., 2008). O fechamento parcial dos estômatos é uma conhecida estratégia de tolerância das plantas à deficiência hídrica, porque diminui a taxa de transpiração, mantém o conteúdo hídrico foliar, reduz o risco de desidratação e eventual morte por dessecação (PEAK et al., 2004). Contudo, além do controle estomático, a baixa condutância difusiva do mesofilo pode se constituir, também, em limitação à assimilação de CO₂ (PEEVA; CORNIC, 2009).

A princípio, a água disponível para as mudas é aquela presente no substrato no qual as mesmas são cultivadas em viveiro e que as acompanha no transplante. Ao longo do tempo, a muda deve absorver a água do perfil do solo. A habilidade para que faça isso vai depender tanto da capacidade das raízes crescerem no perfil do solo como do conteúdo de água no solo (GROSSNICKLE, 2005).

De acordo com Thomas (2008), uma das principais causas das taxas de mortalidade de mudas de espécies florestais, logo após o transplante, é a incapacidade das mesmas de se manterem hidratadas adequadamente. Condições em que esta hidratação é suprida pela umidade do solo ou pela redução das perdas por evaporação após o plantio reduzem a mortalidade das mudas. Portanto, a irrigação de mudas de espécies florestais durante o plantio e nas primeiras semanas da implantação é uma operação importante nos plantios comerciais, principalmente nas épocas secas do ano, influindo na sobrevivência e desenvolvimento das mesmas (BUZETTO et al., 2002).

Desta forma, é necessário a elaboração de novos procedimentos para a melhoria das condições de umidade do solo. Esses procedimentos devem buscar o aumento da sobrevivência das mudas e elevar o desempenho no campo após o plantio. Neste sentido a utilização de sistemas irrigados aumenta o custo de produção, portanto tornam-se desejáveis a utilização de tecnologias que promovam a redução dos custos e da aplicação de água, e que proporcionem bons níveis de produtividade e qualidade.

3.4 POLÍMEROS HIDRORETENTORES

Uma técnica ainda muito pouco estudada é a adição de polímeros hidroretentores como condicionadores hídricos de solo, visando aumentar a capacidade de retenção de água em substratos para mudas, propiciando melhor qualidade. Neste contexto, o uso de um polímero hidroabsorvente é uma tecnologia promissora.

O polímero hidroretentor, ou hidrogel, é caracterizado pela capacidade de absorver e liberar água e nutrientes solúveis. Quimicamente, os polímeros podem ser definidos como substâncias constituídas de macromoléculas formadas a partir de repetição de unidades estruturais menores, os monômeros. A natureza do arranjo das moléculas confere a esse material uma forma granular, quando secos, e ao serem hidratados, os grânulos dilatam-se, transformando-se em partículas de gel (PREVEDELLO; BALENA, 2000; AKHTER et al., 2004).

Podem ser de origem natural (derivado do amido) ou sintéticos (derivados do petróleo), que são valorizados por suas habilidades em absorver e estocar água. Morais (2001) cita que os hidroretentores mais frequentemente utilizados são os polímeros sintéticos propenamidas (poliacrilamida ou PAM) e os co-polímeros propenamidas-propenoato (poliacrilamidaacilato, ou PAA). Sua eficiência é determinada por suas propriedades químicas, tais como seu peso molecular e granulometria, bem como pela composição química da solução do solo e da água de irrigação (ABEDI KOUPAI et al., 2008).

O polímero sintético a base de poliacrilamida, tem capacidade de absorver 150 a 400 vezes sua massa seca, pode ser utilizado para aumentar a capacidade de armazenamento de água do substrato, minimizando os problemas associados à disponibilidade irregular ou deficitária de água, sendo uma alternativa para a baixa disponibilidade de água no solo, quando esta possa afetar de forma negativa o crescimento e o desenvolvimento das plantas (PREVEDELLO; LOYOLA, 2007). Além disso, possuem a capacidade de se contrair e expandir favorecendo o aparecimento de poros que melhoram a aeração do sistema radicular, bem como também, influencia na condutividade hidráulica saturada do meio e contribuem na estabilidade de agregados (AZEVEDO et al. 2002).

Segundo Zanetti et al. (2003), o aumento da disponibilidade de água no substrato pode reduzir a quantidade de água na irrigação, ou a frequência de irrigação. Substratos com menor capacidade de retenção de água exigem maior aplicação de água em cada irrigação, ou que seja aumentada a frequência da mesma (WENDLING et al., 2006). Desta forma, substratos com maior capacidade de retenção de água requerem maior rigor de controle de irrigação, com o intuito de evitar o encharcamento (GONÇALVES et al., 2000).

No Brasil, a utilização de polímeros hidroabsorventes é diversificada e pode ser encontrada em variados setores da agricultura, como na fruticultura, horticultura, paisagismo, gramados de jardins e esportivos, reflorestamento, lavouras e produção de mudas (OLIVEIRA et al., 2004). Contudo, Vale et al. (2006) fazem uma ressalva para o uso do hidrogel, pois alguns trabalhos demonstraram resultados adversos ou inexpressivos. Assim, alguns fatores devem ser observados com cautela, já que atuam diretamente no desempenho do polímero, tais como o modo de aplicação, a disponibilidade de água, a concentração de sais existente na água e no solo, e a resistência física que o solo proporciona à expansão do polímero.

De acordo com o Boletim Celulose On-line (2007), nas espécies florestais, os hidrogéis são utilizados em escala operacional, pelas empresas florestais que reduzem os custos de plantio de eucalipto em 8% no primeiro ano, obtendo uma economia de 3% ao final do ciclo de sete anos.

Gonçalves et al. (2004) afirmam que uma das possibilidades de aumentar a produtividade das plantações florestais é a utilização do hidrogel, responsável por uma sobrevivência maior das mudas no pós-plantio já que supre a demanda hídrica das plantas na fase crítica. Este produto também contribui para a viabilização do plantio o ano todo, que não se torna mais dependente das variações climáticas observadas ao longo do ano. Como possibilitam a retenção de água e a sua liberação de maneira gradativa para a planta, podem aumentar a eficiência da irrigação e diminuir o risco da ocorrência de falhas durante o estabelecimento do povoamento florestal.

Rezende (2001), avaliando o efeito da incorporação de polímeros hidroabsorventes na retenção de água em dois tipos de solos, constatou que, com o uso deste tipo de produto, as irrigações podem ser feitas com lâminas maiores por causa da maior retenção e, portanto, em menor frequência, implicando em economia de água, energia e mão-de-obra. Além disto, constatou-se que a eficiência na retenção de água pode variar conforme o tipo de solo em que é aplicado. Klein et al. (2002), também avaliando a retenção de água pelo polímero hidroretentor, observaram que na capacidade de recipiente, o polímero apresentou uma retenção de água de 5408%. Quando o material foi submetido à tensão de 10 kPa, 319% da água foi retirada, indicando ser este mais apropriado para a utilização no solo, pois apresenta ótima capacidade de reter e disponibilizar água às plantas em tensões superiores.

Buzetto et al. (2002) estudando a eficiência do polímero no fornecimento de água para mudas de eucalipto, constataram que o polímero reteve a água de irrigação por maior período de tempo, disponibilizando-o de maneira gradativa para as plantas, o que resultou na diminuição da mortalidade das mudas cultivadas com o polímero, sem, contudo acelerar o crescimento em altura das mesmas.

Segundo Azevedo et al. (2002), os polímeros sofrem degradação em função da concentração de sais contido nos solos, pela prática da adubação bem como por radiação ultravioleta, culminado na liberação de dióxido de carbono, água e amoníaco e, segundo os mesmos autores não existe nenhum problema relacionado à toxicidade residual.

No entanto, de acordo com Silva; Toscani (2000), os polímeros hidroretentores podem atuar como uma alternativa para situações em que não haja disponibilidade de água no solo, estresse hídrico, períodos longos de estiagem, etc.

4 MATERIAL E MÉTODOS

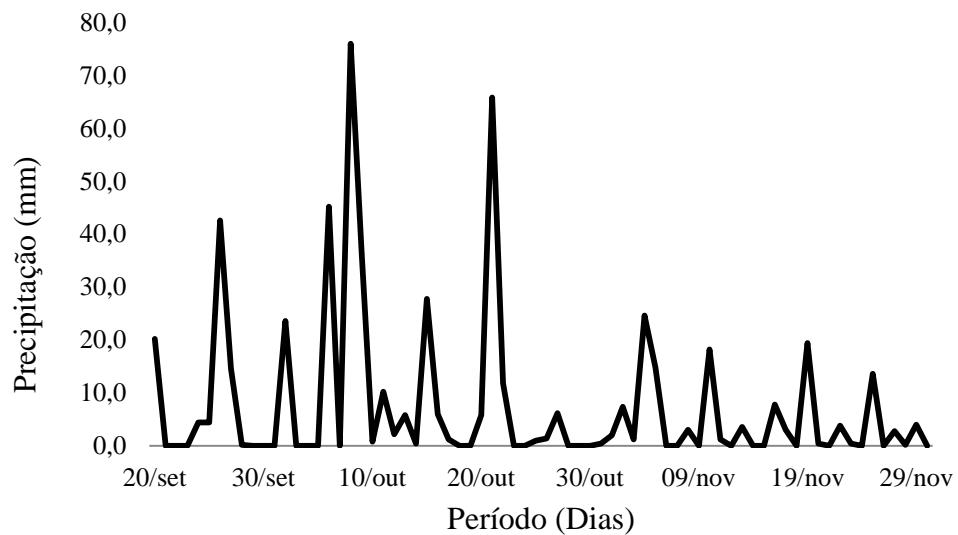
4.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

O estudo foi realizado em casa de vegetação do viveiro florestal da Universidade Estadual de Santa Catarina, localizado no município de Lages, sob as coordenadas 27°47'33"S e 50°18'4"W, com altitude de aproximadamente 900 metros. De acordo com a classificação de Koeppen o clima do município de Lages/SC é mesotérmico úmido com verão ameno (Cfb-temperado). A temperatura média anual é de 15° C e a precipitação média anual vai de 1300 a 1500 mm. A região pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Pelotas (EPAGRI, 2002).

A implantação do experimento ocorreu durante o final de setembro á final novembro de 2015. Neste período houve o monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação, que ocorreu com o auxílio de um datalogger, que diariamente efetuou-se uma leitura , no intervalo entre às 12:00 e 14:00 hs. Os dados climáticos externos, durante o período de execução do experimento foram disponibilizados pela EPAGRI CIRAM.

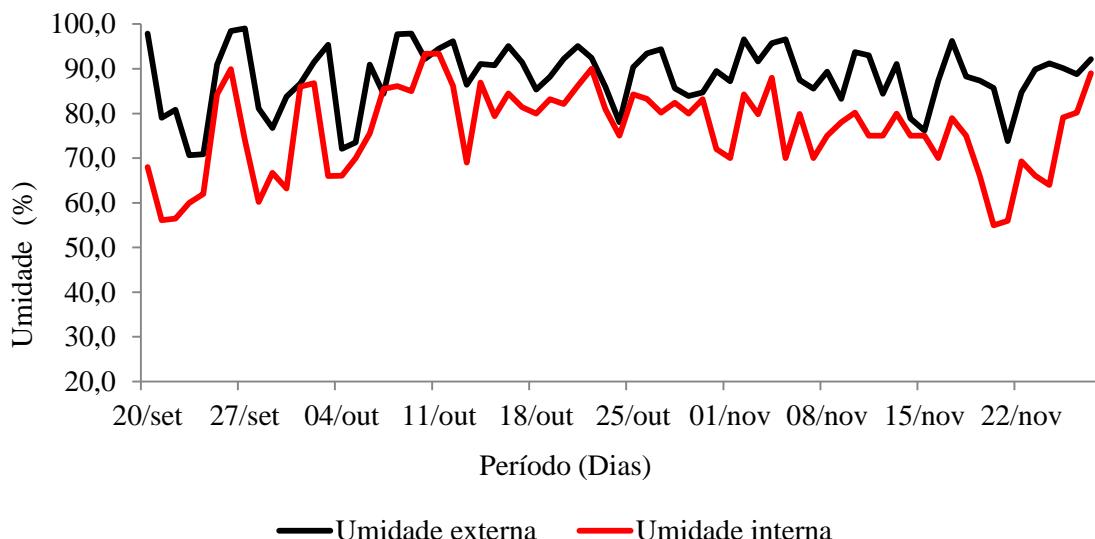
As variáveis climáticas coletadas para o presente estudo podem ser observadas nas figuras 4,5 e 6. Estes dados foram monitorados por 56 dias, a partir da data da implantação do experimento. O período experimental ocorreu em grande parte com dias chuvosos (aproximadamente 35 dias), devido a influência do *El Niño*, consequentemente os valores diários da umidade se mantiveram altos em todo o período com uma média interna e externa de 76,4 e 88,2 % respectivamente. Os valores de temperatura diária de todo o período ficaram compreendidos entre a máxima de 23,7° C e a mínima de 11,4 °C para os dados externos e para os dados internos, as temperaturas máxima e mínima, foram respectivamente 24,7 °C e 12,6 °C.

Figura 4 - Dados de precipitação registrados diariamente durante o período experimental, no município de Lages- SC.



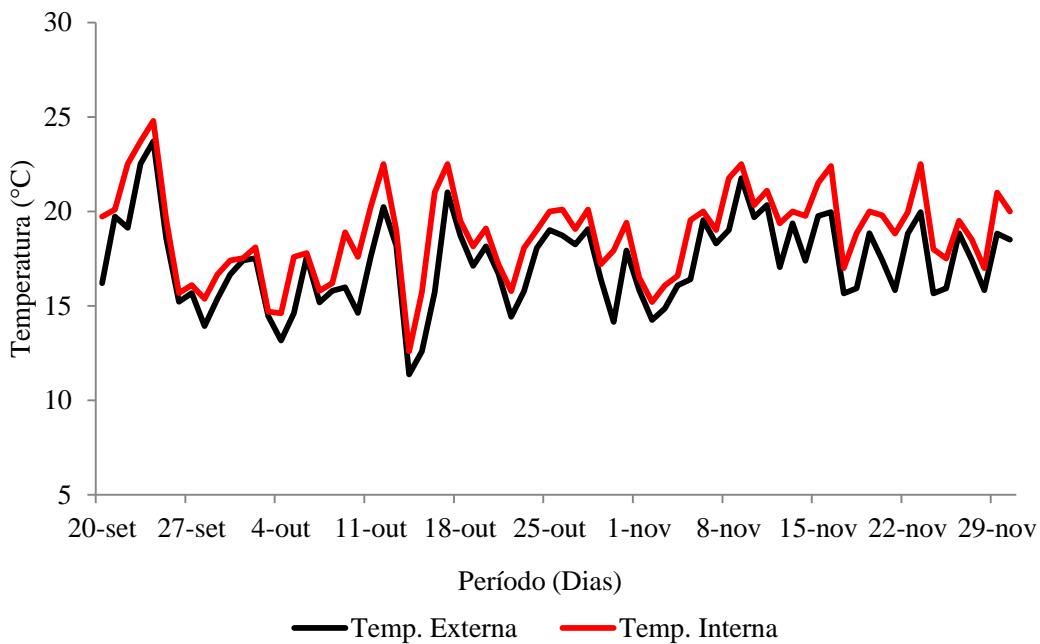
Fonte: EPAGRI CIRAM, 2016.

Figura 5- Dados internos da casa de vegetação e dados externos da estação meteorológica da Epagri (Lages/SC), referente a umidade relativa do ar registradas diariamente durante o período experimental.



Fonte: EPAGRI CIRAM, 2016.

Figura 6- Dados internos da casa de vegetação e dados externos da estação meteorológica da Epagri (Lages/SC), referente à temperatura, registradas diariamente durante o período experimental.



Fonte: EPAGRI CIRAM, 2016.

4.2 ESPÉCIES UTILIZADAS E OBTENÇÃO DAS MUDAS

As mudas de origem seminal de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* foram oriundas de um viveiro florestal da região, com aproximadamente 120 dias e *Eucalyptus urograndis* de origem clonal e seminal, adquiridas em um viveiro florestal localizado na cidade de Anchieta-SC, com aproximadamente 120 dias. Estavam com um desenvolvimento adequado para o plantio a campo, ou seja, altura próxima a 25 cm e no mínimo 2 mm de diâmetro de coleto, conforme recomendado por Wendling; Dutra (2010).

Inicialmente, antes da implantação do experimento todas as mudas foram submetidas a um período de adaptação (aproximadamente 20 dias) em casa de vegetação, para estabelecimento recebendo irrigação diária.

4.3 SOLO UTILIZADO

O solo utilizado para o enchimento dos vasos foi constituído de solo retirado à profundidade de 0 a 50 cm de um Cambissolo Húmico alumínico argiloso. Foi realizada

análise física e química (Tabela 1). Não foi realizada adubação e calagem, visto que os objetivos não estavam relacionados com a nutrição das plantas.

Tabela 1- Características físicas e químicas do solo usado no experimento, oriundo do CAV/UDESC

	Característica	Unidade	Valor
Físicas	Areia		28,0
	Silte	%	24,4
	Argila		47,6
	Ph H ₂ O		4,7
	P		3,7
	K		48
	S		9,6
Químicas	Zn	mg dm ⁻³	3,4
	Cu		1,8
	B		0,1
	Mn		10
	CTC		13,1
	SMP		4,9
	AL	cmol _c dm ⁻³	4,9
	Ca		2,2
	Mg		1,2
	H+AL		9,6
	Ca/Mg		1,8
Relações	Ca/K		17,9
	Mg/K		9,8
	Sat Bases		26,8
	Sat. Al	%	58,2

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

4.4 - PREPARO DOS VASOS E TRANSPLANTE

Para composição do substrato, inicialmente, o solo foi espalhado sobre uma lona plástica dentro da casa de vegetação, sendo submetido à constante revolvimento, passando por uma secagem ao ar e posteriormente peneirado. Foram utilizados vasos de polietileno com 10 L de capacidade, com perfurações na sua base, a fim de permitir a drenagem de eventual excesso de água.

4.5-CARACTERIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS E DELINEAMENTO XPERIMENTAL

Depois de peneirado, o substrato foi usado para o preenchimento dos vasos. Para redução de erros experimentais, realizou-se através de uma balança digital a uniformização de um valor fixo de massa de solo de 8 kg e posteriormente adicionou-se água ao solo até o mesmo atingir a capacidade de campo (aproximadamente 1500 mL), registrando-se o seu peso.

Após preenchimento dos vasos, as mudas passaram por seleção quanto à uniformidade e foram transplantadas. Para o transplantio, foi realizada a abertura de uma cova manual de aproximadamente 300 cm³ no centro de cada vaso para a realização do plantio.

Para cada espécie, os tratamentos foram constituídos de quatro frequências de irrigação, além da presença e ausência de hidrogel. O manejo hídrico para o tratamento com hidrogel foi exatamente igual ao estabelecido na ausência do mesmo.

Nos tratamentos utilizando o hidrogel foram adicionados 300 mL na forma já hidratada, antes da realização do plantio da muda. A hidratação ocorreu meia hora antes, sendo que a dosagem do hidrogel utilizada foi de 3 g L⁻¹, sendo este um polímero sintético sólido granulado da marca Hidroplan-EB®. Após a abertura da cova para o plantio, preenchidas ou não com o hidrogel, foi realizado o plantio das mudas (Figura 7).

Após o transplante, além dos 1500 mL para umedecer o solo, foram adicionadas 300 mL de água para cada vaso para os tratamentos sem o hidrogel, de modo a compensar o volume de água a ser adicionado via hidrogel. Para os tratamentos com irrigações, foram utilizados 300 mL de água em cada vaso, onde a reposição hídrica foi baseada de acordo com a frequência determinada em cada tratamento.

Figura 7 - Demonstração do plantio das mudas. A - Vasos com a abertura da cova para o plantio das mudas. B – Mudas de *Eucalyptus* spp. após o plantio.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 8 repetições (de uma planta cada), em arranjo fatorial 2 x 4.

O fator hidrogel foi composto por dois níveis (presença e ausência) e a frequência foi composta por quatro níveis (0-irrigação somente no plantio; 1- diária; 4- a cada 4 dias e 8- a cada 8 dias).

4.6 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA DISPONÍVEL

Para determinação da curva de retenção de água disponível foram utilizadas 5 amostras de solo com a presença de hidrogel incorporado ao substrato e 5 amostras com a ausência do hidrogel, totalizando 10 amostras coletadas em anéis cilíndricos com aproximadamente 50 cm³ de modo a ser preservado o máximo da estrutura original do solo.

No laboratório de física do solo do CAV/UDESC as amostras com estrutura preservada foram inicialmente saturadas por capilaridade por 24 horas, com uma lâmina de água de aproximadamente 3 cm e depois pesadas. Em seguida, submetidas em coluna de areia obtendo-se as umidades nas tensões de equilíbrio de 1, 6 e 10 kPa. (REINERT; REICHERT, 2006) e nas tensões de 33 e 100, 500, 1000 e 1500 kPa em câmaras de pressão de Richards (KLUTE, 1986). A umidade volumétrica das amostras foi obtida pela relação entre a quantidade de água retida em determinada tensão e o volume do cilindro de coleta, sendo que,

para isso, ao final as amostras foram levadas à estufa por cerca de dois dias, onde se obteve o peso seco de solo e também a densidade (Ds).

Com os valores de umidade nas tensões de 1, 6, 10, 33, 100, 500, 1000 e 1500 kPa, foi realizado o ajuste da curva de retenção de água no solo (CRA), utilizando o modelo de Van Genuchten (1980) por meio do programa computacional SWRC (*Soil Water Retention Curve*) (DOURADO-NETO et al., 2001).

4.7 SINTOMATOLOGIA

Depois do plantio até o 47º dia para a espécie *Eucalyptus urograndis* de origem clonal e seminal e até o 56º dia para *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii*, diariamente foram realizadas avaliações da sintomatologia do estresse hídrico pela seca. Para a sintomatologia visual foi adotado o critério de análise, conforme Navroski et al. (2014), sendo anotado o número de dias em que a planta permanecia em cada condição: SEM-dias sem sintomas (planta túrgida, visualmente vigorosa, sem indícios de déficit hídrico; SLM- dias com sintomas leves de murcha; SMM- dias com sintomas moderados (planta em ponto de murcha permanente, com ápice escurecido e curvado); SSM- dias com sintomas severos de murcha (folhas secas/ou em abscisão). Para a sobrevivência foi adotado o código NPV- número de dias que a planta permaneceu viva.

4.8 TEORES DE CLOROFILA

A determinação dos níveis de clorofila (a, b e total) foi realizada a cada sete dias, através do medidor eletrônico de clorofila, marca Falker, modelo CFL1030, determinando em duas folhas fisiologicamente maduras, da porção mediana da copa de cada planta da unidade experimental, sendo estas folhas identificadas para posteriores avaliações, e as medições realizadas em duas posições da folha (lados opostos na folha). Das quatro leituras, calculou-se a média para ambas as folhas amostradas, utilizando-se o próprio medidor. As medições sempre no período que antecedesse a irrigação.

4.9 TROCAS GASOSAS

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas com o auxílio de um medidor portátil de fotossíntese, marca Licor, modelo Li-6400xt, em 4 repetições, onde foi determinado os

valores de fotossíntese (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO₂ (Ci/Ca) e eficiência no uso da água (WUE). A radiação fotossinteticamente ativa, utilizada durante as medições foram de 800 µmol de fôtons m⁻²s⁻¹. Esse valor foi determinado pela curva de saturação luminosa medida para o eucalipto, situando-se entre 800 e 1.000 µmol de fôtons m⁻² s⁻¹, conforme Silva et al. (1998). A radiação fotossinteticamente ativa foi fornecida por uma fonte luminosa artificial (LI-6400-40), percentual de luz azul utilizada foi de 10% do total da RFA. A concentração atmosférica de CO₂ oscilou de 390 a 400 µmol mol⁻¹ durante as medições.

As avaliações de trocas gasosas para a espécie *Eucalyptus urograndis* de origem clonal e seminal foram realizadas a cada sete dias e iniciaram imediatamente após o transplante das mesmas. As avaliações ocorreram entre as 8:00 h e as 11:30h. Já para a espécie *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii*, em função das folhas não estarem completamente expandidas, optou-se por iniciar as avaliações 15 dias após o plantio, a cada 10 dias. Para tais avaliações utilizou-se a mesma folha durante todo o período experimental. As leituras foram estáveis em 2-3 minutos, quando registradas pelo equipamento. A eficiência no uso da água (WUE) foi calculada pela divisão de A por E .

4.10 VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS

As avaliações biométricas de altura e diâmetro foram realizadas em duas etapas, sendo que na primeira, ocorreu a coleta dos dados de todas as espécies no dia da implantação do experimento, sendo que a última no final do período experimental, que para a espécie *Eucalyptus urograndis* de origem clonal e *Eucalyptus urograndis* de origem seminal a medição ocorreu as 47 dias após a implantação e aos 56 dias para as espécies *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii*. A altura da mudas, em cm, foi determinada com o auxílio de uma régua milimetrada, medindo-se da base da planta até a inserção da folha mais alta. O diâmetro do caule, em mm, foi determinado com o auxílio de um paquímetro digital. As medidas foram realizadas no colo das mudas, ambas com cinco repetições cada tratamento.

Ao término do período experimental, aos 47 dias para a espécie *Eucalyptus urograndis* de origem clonal e origem seminal e 56 dias para as espécies *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii*, quando as mudas sem a irrigação murcharam permanentemente, através de um método destrutivo, procedeu-se a coleta manual da biomassa total das plantas. As amostras foram separadas em raiz, caule e folhas e acondicionadas em sacos de papel mantidos em estufa com circulação forçada de ar (65 ± 3°C) até atingirem massa constante, em gramas,

após foram efetuadas pesagens para determinação dos teores de matéria seca dos componentes em balança de precisão (0,01 g).

Para a determinação da área foliar individual, foram coletadas todas as folhas de cada planta (repetição), acondicionadas separadamente em sacos de papel e levadas até o laboratório de Fisiologia Vegetal do CAV/UDESC. A área foliar foi quantificada com auxílio de um integrador de área foliar Li-Cor, modelo LI3000A.

Após calculou-se a razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF) e área foliar específica (AFE). Para obtenção dos valores de RAF, determinou-se a razão entre os valores da área foliar e massa seca total, sendo o resultado expresso em $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$. A RPF foi determinada pela razão entre os valores da massa seca foliar e massa seca total, e os resultados expressos em g g^{-1} . Já a AFE foi calculada pela razão entre a área foliar e a massa seca das folhas, em $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$. A área foliar para a espécie *Eucalyptus benthamii* não foi determinada por motivo da incidência do patógeno ódio no final do período experimental ocasionando a queda de algumas folhas.

4.11 TEOR DE ÁGUA DO SOLO

Com o intuito de acompanhar o teor de umidade dos vasos, optou-se por determinar o teor de água inicial do solo, o que possibilita o acompanhamento da variação da umidade do mesmo durante o período experimental.

Antes do plantio das mudas, todos os vasos foram saturados e deixados drenar por duas horas, coletou-se então uma amostra com aproximadamente 100 gramas de solo em cada vaso, para que todos os recipientes fossem analisados. As amostras foram separadas e acondicionadas em copos de papel alumínio. A determinação da massa úmida (m_u) dos vasos ocorreu no local do experimento, logo após a coleta dos mesmos, fazendo-se o uso de balança de precisão (0,01 g), evitando dessa forma que as amostras pudessem perder água até a chegada ao laboratório.

Após a determinação da massa úmida, as amostras foram encaminhadas à secagem em estufa, na qual ficaram dispostas até o momento de estabilização de suas massas, sendo posteriormente realizada nova pesagem, pela qual se obteve a massa seca (m_s).

O teor de água inicial (TA_i) foi calculado por meio da Equação 1.

$$TA_i = \frac{m_u - m_s}{m_s} * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: TA_i : teor de água inicial do solo (%); m_u : massa úmida do solo (g) e m_s : massa seca do solo (g).

Tendo-se os teores de água inicial e as massas do solo periodicamente, possibilitou-se o cálculo dos teores de água atual do solo (Equação 2), permitindo o acompanhamento do mesmo ao longo do período de estudo.

$$TA_a = \frac{m_a (TA_i + 100)}{m_i} - 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: TA_a : teor de água atual do solo em dado período de tempo (%); m_a : massa atual (kg); TA_i : teor de água inicial (%); m_i : massa inicial (kg).

O acompanhamento das pesagens dos vasos ocorreram a cada 4 dias, através de uma balança semi analítica sendo realizado sempre antes da irrigação. Com a obtenção destes valores calculou-se o teor de água no solo.

4.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Testou-se a normalidade e a homogeneidade da variância dos dados referentes ao efeito principal (F_{cv-m}), pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Bartlett, respectivamente. Para a análise do experimento utilizou-se a análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade de erro. A partir dessa análise foram consideradas possíveis interações entre os fatores envolvidos, procedendo-se com o Teste F seguido do teste de médias de Scott-Knott y para os fatores qualitativos. O pacote estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011) foi utilizado para a análise estatística dos dados.

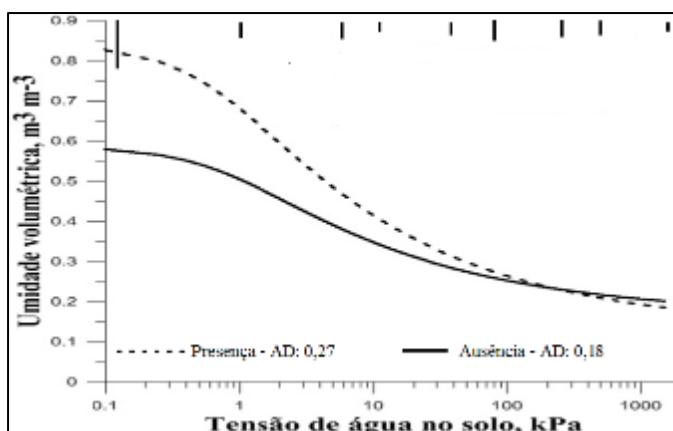
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA DISPONÍVEL

Os resultados da curva de retenção de água disponível mostram que a adição de polímeros hidroretentores influencia positivamente na infiltração e armazenamento da água no solo, revelando que o uso do hidrogel incorporado ao substrato provocou um aumento significativo na retenção de água no solo, quando comparado ao mesmo solo com a ausência deste polímero (Figura 8).

Observa-se que a adição deste polímero no solo de cultivo eleva os valores da água disponível (AD) de $0,18 \text{ m}^3/\text{m}^3$ para $0,27\text{m}^3/\text{m}^3$. Na ausência do polímero o solo atingiu o ponto de murcha permanente aos 15% de umidade, já quando o hidrogel foi adicionado houve uma elevação para 15,7 %. De acordo com Abad et al. (1993), em condições ótimas, o substrato ideal deve apresentar entre 24 e 40% de água disponível (AD) para as plantas.

Figura 8 - Curva de retenção de água no solo com a ausência (0 g L^{-1}) e a presença de hidrogel (3 g L^{-1}), submetidos às tensões 1, 6, 10, 33 e 100, 500, 1000 e 1500 kPa. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre o uso de hidrogel, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Na presença de hidrogel, a retenção de água foi claramente maior da saturação até a tensão de 10 kPa, em comparação a ausência do mesmo. Depois, nas tensões maiores a retenção não teve diferenças significativas.

Estes resultados corroboram com o descrito por Navroski et al. (2015), onde afirmam que o uso de hidrogel possibilita redução da irrigação em mudas de *Eucalyptus dunnii*

Maiden, aumentando a capacidade de retenção de água, em todas as colunas de succões avaliadas, sendo que houve um aumento da retenção com o hidrogel adicionado ao substrato.

Conforme Rezende (2001), isso pode ser explicado devido ao polímero apresentar mais de 60% dos grânulos com diâmetro inferior a 1,0 mm. O mesmo autor cita que no estudo da influência da granulometria do polímero hidroabsorvente na retenção de água, concluiu que o diâmetro dos grânulos é de extrema importância na retenção da água. O inconveniente da baixa capacidade de retenção de água de um substrato agrava-se ainda mais quando a demanda evaporativa da atmosfera é elevada. Neste caso, torna-se difícil o manejo correto da irrigação, podendo acarretar em maior volume de água drenada e, consequentemente, maior perda de nutrientes, no caso de utilização da fertirrigação (FERNANDES; CORÁ, 2001).

Desta forma, a utilização do hidrogel pode auxiliar nessa retenção de água, diminuindo a irrigação ou a sua frequência, especialmente em períodos mais quentes e com menor umidade relativa do ar, momento que a demanda evaporativa aumenta. Além disso, a demanda hídrica do eucalipto é muito elevada em comparação a outras espécies, e consequentemente a irrigação deve ser maior. Dessa forma, o conhecimento da capacidade de retenção de água é importante para permitir um manejo racional das plantas em função da quantidade de água disponível.

O comportamento da curva de retenção demonstra que os hidrogéis funcionam como reservatórios de água no substrato. A curva de retenção de água do substrato representa a relação entre a umidade volumétrica e o potencial matricial, ou seja, a força com que a água está sendo retida pelo mesmo, fornecendo assim informações sobre a habilidade do material em reter e liberar água, dando ideia do volume de água disponível às plantas (SPIER et al., 2008). Os autores ainda citam que a determinação da curva de retenção é importante à medida que informa o volume de água disponível às plantas dentro de cada faixa de potencial matricial em uma determinada amostra do substrato.

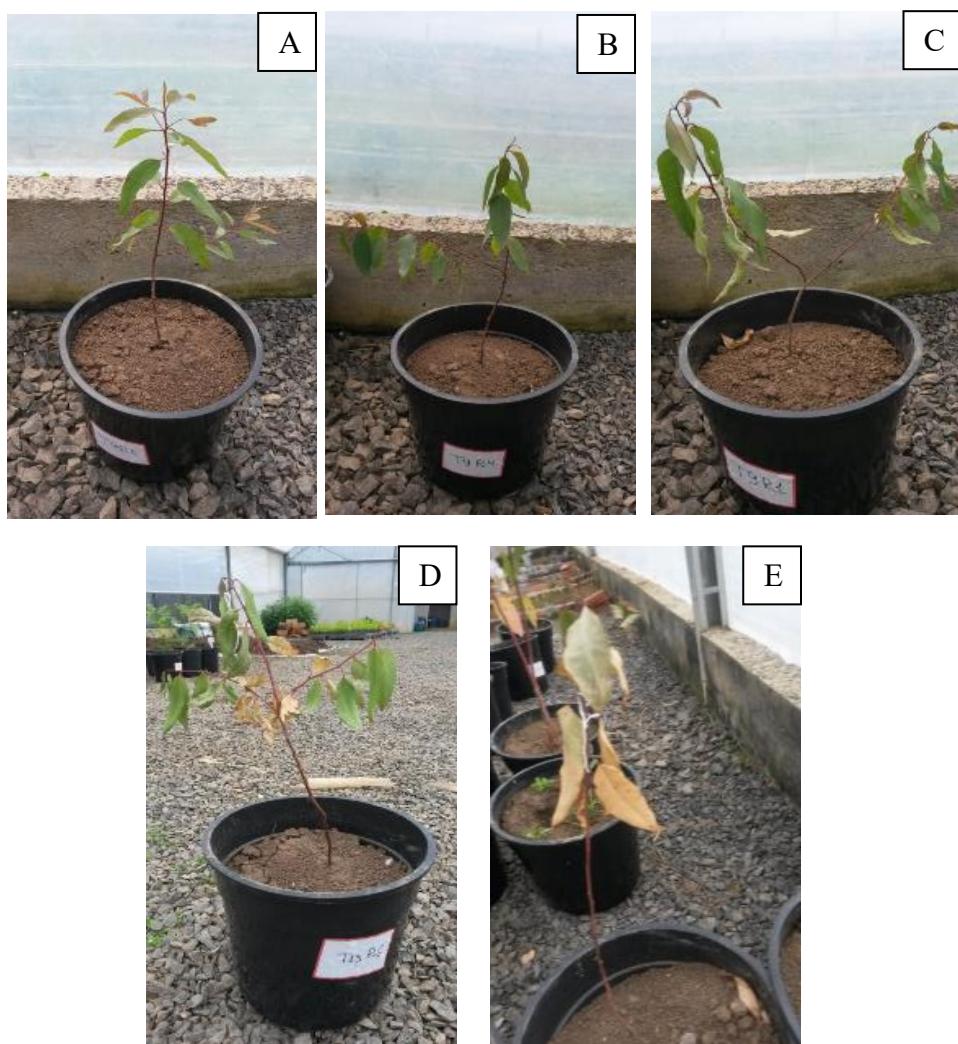
5.2 *Eucalyptus urograndis* DE ORIGEM CLONAL

5.2.1 Sintomatologia

Em relação à sintomatologia das plantas de *Eucalyptus urograndis* de origem clonal, afetadas pelos sintomas do déficit hídrico, os resultados mostraram que o hidrogel exerceu influência na ocorrência destes, originando quatro diferentes classes de estresse, podendo ser observada na Figura 9, classificadas como sem sintomas de murcha (SEM) a planta túrgida

sem nenhum indício de déficit hídrico (Figura 9A); sintomas leves de murcha (SLM) quando iniciou o aparecimento de sintomas de déficit hídrico como uma leve murcha no ápice (Figura 9B); sintomas moderados de murcha (SMM), quando as plantas apresentavam ápice escurecido e curvado (Figura 9C); sintomas severos de murcha (SSM), quando as mesmas apresentaram folhas secas ou com abscisão foliar (Figura 9D); e por fim, quando as plantas apresentaram folhas totalmente secas, estas foram consideradas mortas (Figura 9E). Para o número de dias em que as plantas permaneceram vivas foi utilizado o código NPV.

Figura 9 - Avaliação da sintomatologia do estresse hídrico em plantas de *Eucalyptus* spp. submetidas a diferentes regimes de irrigação na presença e ausência de hidrogel. A- sem sintomas de murcha (SSM); B- sintoma leve de murcha (SLM); C- sintomas moderados (SMM); D – sintomas severos (SSM) e E – planta morta.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

De acordo com a análise de variância (avaliação até o 47º dia após transferência para os vasos) houve interação ($p = 0,0001$) entre frequência de irrigação e o uso do hidrogel para todas as variáveis avaliadas, ou seja, o polímero teve influência sobre todas as classes de estresse, independente da frequência de irrigação (Tabela 3). É importante ressaltar que o plantio foi realizado em vasos, com condições restritas, servindo somente como indicativo do comportamento deste polímero e diferentes manejos hídricos em condições de plantio a campo.

Tabela 2 - Duração dos sintomas de estresse hídrico nas plantas, em dias, avaliado a partir do plantio até o 47º dia após o plantio de clones de *Eucalyptus urograndis* em vasos, em função da presença ou ausência de hidrogel e diferentes frequências de irrigação.

Variável	Hidrogel	Aparecimento dos sintomas de estresse			Média	
		Frequência de Irrigação				
		Plantio (0)	8 dias	4 dias		
SEM** CV% ¹ 2,64	Presença	16,7Da*	30,0Cb	39,8Bb	47,0Aa 33,4	
	Ausência	15,4Cb	42,0Ba	42,0Ba	47 Aa 36,6	
	Média	16,0	36,0	40,9	47,0	
SLM CV% 4,04	Presença	24,7Ba	47,0Aa	47,0Aa	47,0Aa 41,4	
	Ausência	19,2Bb	47,0Aa	47,0Aa	47,0Aa 40,1	
	Média	21,9	47,0	47,0	47,0	
SMM CV% 3,32	Presença	30,0Ba	47,0Aa	47,0Aa	47,0Aa 42,7	
	Ausência	24,0Bb	47,0Aa	47,0Aa	47,0Aa 41,2	
	Média	27,2	47,0	47,0	47,0	
SSM CV% 3,93	Presença	36,2Ba	47,0Aa	47,0Aa	47,0Aa 44,3	
	Ausência	31,3Bb	47,0Aa	47,0Aa	47,0Aa 43,01	
	Média	33,8	47,0	47,0	47,0	
NPV CV% 3,93	Presença	36,2Ba	47,0Aa	47,0Aa	47,0Aa 44,3	
	Ausência	31,3Bb	47,0Aa	47,0Aa	47,0Aa 43,01	
	Média	33,8	47,0	47,0	47,0	

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.** SEM – sem sintomas de murcha; SLM - sintomas leves de murcha; SMM - sintomas moderados de murcha; SSM - sintomas severos de murcha e NPV- número de dias que a planta permaneceu viva. ¹CV%: coeficiente de variação.

Analisando as frequências de irrigação para classe de dias sem sintomas (SEM), os dados obtidos mostraram que houve interação ($p<0,05$) entre os fatores das variáveis avaliadas, havendo diferença estatística somente nos intervalos maiores de irrigação, não sendo observado efeito da presença ou ausência do hidrogel no uso da irrigação mais frequente (todos os dias). Observou-se para esta espécie que a presença de hidrogel mostrou-se eficiente somente no plantio, pois na frequência de 4 e 8 dias, não teve efeito positivo, sendo que os tratamentos sem a adição deste polímero permaneceram mais dias sem apresentar estresse hídrico (SEM), com um ganho de aproximadamente 3 dias.

Para a classe dias com sintomas leves de murcha (SLM), a diferença com o uso do hidrogel foi observada somente no plantio, onde a presença deste polímero mostrou um bom ganho sem o aparecimento de sintomas como a murcha inicial, caracterizada por murcha do ápice e encurvamento de algumas folhas, com um ganho de aproximadamente 5 dias. Cabe salientar que neste nível de estresse as mudas ainda apresentam total condição fisiológica de se recuperarem em caso de ocorrência de chuva.

O aparecimento de sintomas moderados (SMM) e severos (SSM) nas mudas, que foi caracterizado por ápices escuros e próximo ao ponto de murcha, seguiu um comportamento similar ao sintoma leve, caracterizado por um retardamento de 6 dias do estresse quando se fez o uso do hidrogel apenas no plantio, demonstrando que a utilização deste polímero responde positivamente a escassez de água no solo. Esta diferença do uso ou não do hidrogel não foi observada nas demais frequências de irrigação.

Considerando os sintomas severos de murcha, que segundo Navroski et al. (2014) nesse nível de estresse uma recuperação da planta com novas irrigações ou chuvas já é dificultada, o hidrogel continuou mostrando-se eficiente apenas no plantio, com um atraso em 5 dias no aparecimento desses sintomas quando se utilizou a irrigação somente no plantio em relação ao não uso do mesmo.

Na avaliação do número de dias em que as plantas permaneceram vivas, percebeu-se que o uso do hidrogel, somente apresentou diferença quando a irrigação ocorreu apenas no plantio, possibilitando que as mesmas permanecessem vivas por até 36 dias quando se fez uso deste polímero.

Neste caso, com a presença do hidrogel no solo, obteve-se um aumento de aproximadamente 5 dias em que permaneceram vivas, fazendo-se o uso deste polímero, o que implica na redução de replantios e resulta em povoamentos mais homogêneos.

Nas demais frequências de irrigações não foram observados efeito significativo como seu uso, e não foi verificado um aumento no número de dias em que as plantas permaneceram

vivas. Tanto na presença quanto na ausência do polímero, que fizeram o uso de irrigações (todos os dias, cada 4 e 8 dias) não foi verificada mortalidade das mudas até o 46º dia de avaliação, somente sintomas específicos de murcha.

Neste sentido, Lopes et al. (2010), ao avaliarem o uso de hidrogel na sobrevivência, após o plantio em solo argiloso, de mudas clonais de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos mostraram que o hidrogel exerceu influência no aparecimento de sintomas de estresse hídrico. Segundo os autores o hidrogel possibilitou que as plantas permanecessem vivas sem sintomas de falta de água por até 20 dias, cerca de até sete dias a mais do que na ausência do mesmo nas covas de plantio.

Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho, também foram encontradas por Buzetto et al. (2002), no qual estudando a eficiência do polímero no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* constataram que o polímero reteve a água de irrigação por maior período de tempo, disponibilizando-a de maneira gradativa para as plantas, o que resultou na diminuição da mortalidade das mudas cultivadas com o polímero.

2.2 Incremento em diâmetro do colo (ID) e altura (IH)

Para o incremento em diâmetro do colo (ID) e incremento de altura (IH) foram observados efeitos significativos na interação ($p= 0,04$) entre o uso do hidrogel e as frequências de irrigação nas mudas do clone de *Eucalyptus urograndis*. Os resultados demonstraram que para o incremento em diâmetro do colo, os efeitos do uso do polímero hidroretentor não foram benéficos na frequência de irrigação apenas no plantio (Tabela 4).

Nesta condição para esta espécie, nota-se que a adição de polímero hidroretentor prejudicou o desenvolvimento das mudas do clone de *Eucalyptus urograndis*. Com relação aos efeitos do hidrogel no incremento em altura, pode-se afirmar que o mesmo teve um comportamento semelhante ao incremento em diâmetro, onde a presença do polímero na frequência de irrigação somente no plantio foi menor (3,60 cm) e na ausência do mesmo (7,38 cm).

A primeira consequência fisiológica para as plantas submetidas ao estresse hídrico é a redução ou a interrupção dos ritmos de crescimento, devido à redução na diferenciação celular, influenciada pela deficiência hídrica. Segundo Gonçalves (1992), o crescimento em diâmetro e altura é um dos principais parâmetros de produção nas espécies lenhosas. A deficiência hídrica pode afetar diretamente o crescimento em diâmetro e altura, porque reduz a expansão celular e a formação da parede celular e, indiretamente, reduz a disponibilidade de

carboidratos ou influencia a produção de reguladores de crescimento (GONÇALVES; PASSOS, 2000).

Tabela 3- Resultados das médias do incremento em diâmetro (ID) e incremento em altura (IH) em função da presença (3 g L^{-1}) e ausência (0 g L^{-1}) do hidrogel e as frequências de irrigação em clone de *Eucalyptus urograndis*.

Hidrogel		Frequência de irrigação			
		Plantio (0)	8 dias	4 dias	Diária (1)
ID (mm)	Presença	0,07Db*	0,97Ca	1,77Ba	3,13Aa
	Ausência	0,73Ca	0,78Ca	1,56Ba	2,59Aa
IH (cm)	Presença	3,60Cb	7,80Ba	9,10Ba	14,8Aa
	Ausência	7,38Ba	5,16Cb	7,98Ba	9,50Aa

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. ID- incremento em diâmetro e IH- incremento em altura.

Efeitos benéficos do hidrogel foram encontrados em trabalhos de Huttermann et al. (1999) com *Pinus halepensis* e de Zonta et al. (2009) com *Coffea canephora*, no qual relataram que quando incorporado ao substrato de pós-plantio o hidrogel favoreceu o crescimento de mudas. No entanto Reis et al., (2006) avaliaram o crescimento de raízes e parte aérea de clones híbridos de *Eucalyptus* spp. em dois regimes de irrigação no campo e não encontraram diferença significativa para as características de altura e diâmetro entre tratamentos de irrigação, irrigado e não irrigado.

Contudo, Vallone et al. (2004), avaliando os efeitos da adição do polímero hidrorretentor no desenvolvimento de mudas de cafeiro em tubetes, na dose 10 kg m^{-3} de substrato, concluíram que a incorporação do polímero, na dose estudada, prejudicou o desenvolvimento delas, não sendo portanto, indicado para a espécie estudada.

5.2.3 Biomassa seca

Ao avaliar a biomassa produzida pelas mudas do clone de *Eucalyptus urograndis*, aos 47 dias após o plantio, os resultados obtidos para as variáveis analisadas, como biomassa seca da raiz, biomassa seca do caule e biomassa seca total, demonstraram não haver interação entre o uso de hidrogel e as frequências de irrigação ($p>0,05$). Entretanto, houve efeito significativo para os fatores de forma isolada. Para a variável de biomassa seca das folhas, houve interação significativa entre o uso do hidrogel e as frequências de irrigação ($p<0,05$).

Para o fator hidrogel, diferenças estatísticas foram observadas apenas para a biomassa seca do caule e a biomassa seca total (Tabela 5). Na biomassa do caule, os tratamentos com a presença do hidrogel apresentaram em média 2,80 gramas em relação a 2,40 gramas quando não se fez uso do polímero. Já a biomassa seca total observou-se 9,7 g na presença do polímero e 8,7 g na ausência do mesmo. Para a biomassa seca da raiz não foi observada diferença estatística entre a presença ou ausência de hidrogel, sendo que esta diferença não significativa pode ser justificada pelo fato do coeficiente de variação ser alto (19,79%). O crescimento radicular superior ao caulinar é um comportamento considerado vantajoso, para as plantas sujeitas a estresse hídrico, facilitando a retirada de água mesmo depois da superfície do solo ter perdido a umidade durante a estação seca.

Esta afirmação é corroborada com Nicoletti et al. (2014), que estudando o efeito deste polímero no enraizamento e crescimento inicial de miniestacas do híbrido *Eucalyptus urograndis*, a massa seca de raízes apresentou boa resposta ao uso do mesmo. Os autores ainda citam que esta variável apresenta alta importância no desenvolvimento das plantas, mudas bem enraizadas apresentam maior capacidade de crescimento e maior potencial de sobrevivência a campo no momento do plantio, e que segundo Haase (2008), as mudas que apresentam maior massa seca radicular tendem a sobreviver melhor do que aquelas que possuem massa seca radicular inferior.

A inibição da expansão foliar reduz o consumo de carbono e de energia, e uma maior proporção de assimilados da planta pode ser alocada para o sistema subterrâneo, onde podem sustentar continuamente o crescimento de raízes. Essa mudança na arquitetura das raízes pode ser considerada uma linha de defesa contra a dessecação (TAIZ; ZEIGER, 2014).

Com relação aos efeitos do hidrogel nas frequências de irrigação, foi observado que para a biomassa seca da raiz, as mudas que receberam irrigação todos os dias, apresentaram maiores médias, diferindo dos demais tratamentos (Tabela 6). A frequência de irrigação a cada 4 dias também mostrou bons resultados, quando comparados com as menores frequências, cuja a irrigação foi somente no plantio e a cada 8 dias. Os resultados de biomassa do caule e total apresentaram resultados semelhantes aos da raiz, que quanto maior a frequência de irrigação, maior é a produção de biomassa das mudas.

Tatagiba et al. (2009), estudando seis clones comerciais de *Eucalyptus* spp. em resposta à disponibilidade de água, verificaram que a deficiência hídrica restringiu o crescimento em altura e diâmetro dos clones estudados.

Tabela 4. Médias da biomassa seca da raiz, do caule e total em função da frequência de irrigação em clones de *Eucalyptus urograndis*.

	Frequência de irrigação			
	Plantio	8 dias	4 dias	Diária
Raiz (g)	1,89c*	2,13c	3,17b	4,94a
Caule (g)	1,61c	2,12c	3,17b	3,50a
Total (g)	5,20d	6,74c	10,65b	14,3a

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Medias seguidas de letras semelhantes não diferem estatisticamente a 5 % pelo teste Scott-Knott.

Estes resultados comprovam a grande importância da água para as culturas, que conforme Kerbauy, (2009) de todos os recursos de que as plantas necessitam para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, com frequência, o mais limitante. Neste sentido a prática de irrigação reflete o fato de que a água é um recurso-chave que limita a produtividade dos plantios florestais.

Para a variável de biomassa seca das folhas (no qual houve interação significativa), observou-se que conforme diminuiu a disponibilidade de água, tanta na presença quanto na ausência de hidrogel, diminuiu significativamente a biomassa das folhas. No geral o uso do hidrogel, na frequência de irrigação de todos os dias proporcionou maiores valores de matéria seca acumulada nas folhas, se diferenciando em relação às demais frequências nesta mesma condição (Tabela 6).

As folhas, quando a irrigação foi mais frequente (diária), foi o que mais contribuiu para a produção de biomassa da planta, isso também ocorreu independente da presença ou ausência do hidrogel, sendo maior quando se fez uso do polímero.

Tabela 5. Médias da biomassa seca da folha em clone de *Eucalyptus urograndis*, em gramas por planta (g/pl) em função da presença ou ausência de hidrogel em diferentes frequências de irrigação.

	Frequência de irrigação			
Hidrogel	Plantio	8 dias	4 dias	Diária
Presença	1,71Ca*	2,30Ca	4,92Ba	5,81Aa
Ausência	1,62Ca	2,08Cb	3,71Bb	5,79Aa

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

A produção de biomassa da parte aérea e do sistema radicular está fortemente relacionada entre si (HENDRICK; PREGITZER, 1996), e ambos influenciados pela capacidade produtiva do sítio e condições climáticas (FERREIRA, 1984; REIS et al., 1985;). Em condições de estresse ambiental, para suprir suas necessidades, as plantas tendem a alocar maior quantidade de biomassa nas raízes comparadamente aos demais compartimentos das árvores, pois a área de contato das raízes com o substrato é diretamente proporcional à quantidade de água e nutrientes absorvidos pela árvore (FLOSS, 2004; GATTO et al., 2011).

Entretanto verificou-se que as mudas que dispuseram da presença do hidrogel no solo e maiores frequências de irrigação, foram as que melhor se desenvolveram. Neste sentido, menor crescimento e consequentemente menor produção de matéria seca também foi observado por Vellini (2008) em plantas de clones de eucalipto irrigadas a cada seis dias em comparação com plantas irrigadas diariamente. Chaves (2001), estudando o comportamento de cinco clones de eucaliptos, submetidos a ciclos sucessivos de déficit hídrico no solo, verificou que acúmulo de matéria seca total dos clones sob deficiência hídrica foi reduzido em relação às plantas irrigadas. Pereira et al.,(2006) também constatou maiores incrementos no crescimento das mudas aos 70 dias após o plantio nos tratamentos sem estresse.

5.2.4 Área foliar

Analizando os valores de área foliar, verificou-se que não houve interação entre as variáveis analisadas, porém a área foliar variou em função da presença e ausência do polímero, onde a presença do mesmo apresentou a maior média ($486,4 \text{ cm}^2$), em relação à ausência ($435,2 \text{ cm}^2$). Dessa forma, com uma maior área foliar, consequentemente, maior será a área fotossinteticamente ativa das plantas e por sua vez a assimilação de substâncias fotossintetizadas. Consequentemente há uma estreita relação entre a área foliar e a atividade fotossintética.

Para as frequências de irrigações a análise de variância apontou diferença estatística entre as maiores frequências e as menores, ou seja, irrigações todos os dias e a cada 4 dias, apresentaram as maiores média com $781,8$ e $636,5 \text{ cm}^2$ respectivamente, diferindo das irrigações somente no plantio e a cada 8 dias, com respectivamente $161,2$ e $263,8 \text{ cm}^2$.

Nota-se um comportamento semelhante ao da biomassa seca, variando em função da frequência de irrigação. Quanto maior foi à disponibilidade de água, maior foi a área foliar. Neste sentido, a área foliar, pode ser considerada um importante indicativo da produtividade

da planta, uma vez que a fotossíntese depende da interceptação da energia luminosa pelas folhas da planta.

Esta diferença na área foliar entre as diferenças frequências é um reflexo da importância da disponibilidade hídrica para a produtividade das culturas, principalmente nos plantios florestais. Muitas características morfológicas das plantas são geneticamente determinadas, mas outras como o tamanho da folha, podem ser fortemente influenciadas condições do clima onde estão inseridas. É importante ressaltar que a avaliação cuidadosa da área foliar é sem dúvida fator que auxilia na tomada de decisão para se eleger a espécie mais produtiva (MAGALHÃES, 1979). Como já citado, o significado deste parâmetro resume-se na premissa que materiais mais produtivos, possuem uma maior facilidade em manter uma área foliar por um maior período, possibilitando um melhor desempenho do aparato fotossintético.

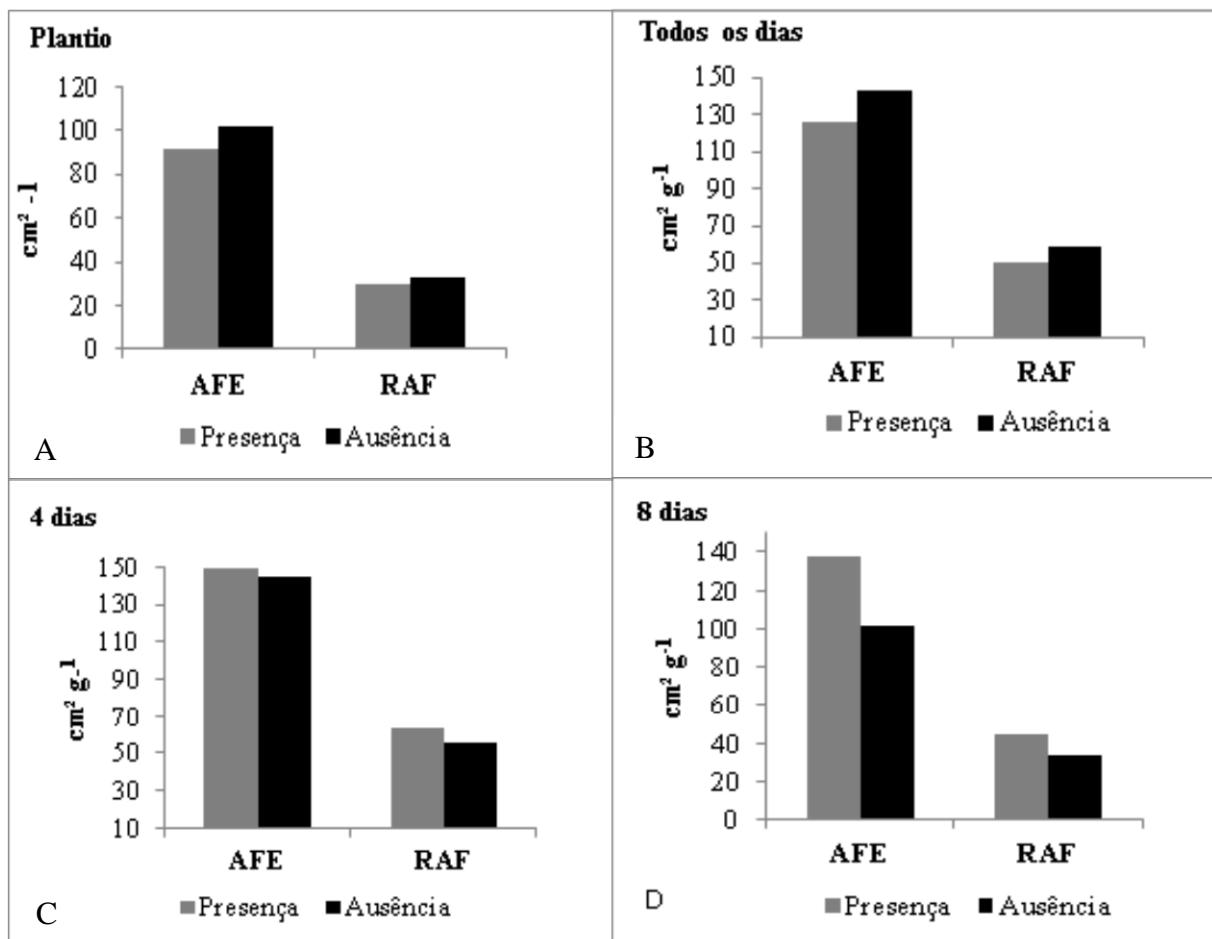
Estes resultados corroboram com os de Fernandes, (2012) que avaliando a área foliar em diferentes clones de Eucalipto sob diferentes regimes hídricos afirma, onde a restrição hídrica reduziu significativamente a área foliar de todos os clones, e apresentaram áreas foliares pouco superiores a 2000 cm. Esta restrição em plantas sob condições de estresse hídrico tem sido observada por diversos autores (OSÓRIO et al., 1998; LI et al., 2000; CHAVES, 2001; PEREIRA, 2006; TATAGIBA, 2007; BORTOLINI et al., 2011) e tem por objetivo amenizar a perda de água pela transpiração, como estratégia de prevenção à seca. A limitação da área foliar pode ser considerada a primeira linha de defesa contra a deficiência hídrica (CHAVES et al., 2004).

Vellini et al., (2008), analisando respostas fisiológicas de 18 genótipos de eucalipto (*Eucalyptus saligna*, *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. grandis* x *E. urophylla*) sob diferentes regimes de irrigação, verificaram que houve uma tendência de menor diferenciação entre os genótipos, à medida que a disponibilidade hídrica diminui, onde os clones de *E. grandis* x *E. urophylla* se destacaram em maior crescimento em área foliar, independentemente do regime hídrico, possibilitando-lhes bom crescimento, tanto em altura como em diâmetro e, consequentemente, boa produção de massa seca.

Neste sentido, Maseda e Fernandes (2016) avaliando o crescimento de mudas de seis procedências de *Eucalyptus* em três regimes hídricos (100 % (controle); 72 % (seca moderada) e 51 % (seca severa) da capacidade de campo) observaram que para todas as procedências a biomassa total e a área foliar foram reduzidas quando a intensidade das secas aumentou.

Com os dados de área foliar e massa seca total, procedeu-se aos cálculos dos parâmetros foliares, sendo eles razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE), no qual os resultados mostram que na presença do hidrogel, quando a irrigação ocorreu apenas no plantio ou todos os dias (Figura 10A e 10B), os valores dos parâmetros RAF e AFE foram menores. Já na frequência de 4 e 8 dias o hidrogel mostrou-se eficiente, apresentando maiores médias. (Figura 10C e 10D).

Figura 10- A - Valores de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) na ausência e presença de hidrogel somente no plantio. B- Valores de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) na ausência e presença de hidrogel na frequência de todos os dias C- Valores de área foliar específica e razão de área foliar na ausência e presença de hidrogel a cada 4 dias. D- Valores de área foliar específica e razão de área foliar na ausência e presença de hidrogel a cada 8 dias.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Estes resultados foram semelhantes aos de Vilela; Büll (1999), que na avaliação do estresse hídrico em milho, relataram que o aumento ou diminuição da AFE não foi definido

pelo decréscimo da umidade, notando-se que as plantas irrigadas constantemente tiveram os menores valores de AFE.

Segundo Magalhães (1979), a RAF é a medida da dimensão do aparelho assimilador, e serve como parâmetro apropriado para as avaliações de efeitos genotípicos, climáticos e do manejo de comunidades vegetais. Este parâmetro expressa a área foliar útil para a fotossíntese. É um componente morfofisiológico, pois é a razão entre a área foliar (área responsável pela absorção de luz e CO₂) e a massa seca total (resultado da fotossíntese líquida), ou seja, a RAF é a área foliar em dm² que é usada para produzir 1g de massa seca.

Já a AFE é considerada um importante fator do ponto de vista fisiológico por descrever a alocação da biomassa da folha por unidade de área, refletindo, segundo Poorter; Garnier, (1999) o *trade-off* entre a rápida produção de biomassa e eficiente conservação de nutrientes. No cerrado, a área foliar específica está fortemente correlacionada com a capacidade de fixação de carbono (Franco et al., 2005), ao ponto de perda de turgor das folhas, um importante parâmetro de relações hídricas (BUCCI et al., 2004).

Estes parâmetros são relativamente sensíveis às mudanças ambientais, embora os incrementos na RAF sejam geralmente consequências do incremento da AFE, já que os valores da AFE são mais sensíveis às alterações da irradiância (LAMBERS; POORTER, 1992).

5.2.5 Determinação do teor de água do solo

De maneira geral, os valores de umidade no solo variaram de acordo com a frequência de irrigação. Para ambas as frequências, a quantidade de água no solo aumentou quando se fez o uso do polímero apresentando maiores valores quando comparado com a ausência do mesmo, o que pode estar intimamente ligado à presença do hidrogel como condicionante da umidade no solo. Independente da frequência utilizada à presença do hidrogel manteve o solo com maior quantidade de água (Figura 11). Segundo Balena (1998), com a adição de polímero agrícola no solo a umidade aumentou progressivamente chegando a duplicar a capacidade de armazenamento de água para a concentração de 32 kg.m⁻³ do solo argiloso o que mostra a grande capacidade do polímero em reter e conservar água no solo por períodos apreciáveis de evaporação.

As frequências de 0 e 8 dias (Figura 11A e 11B) apresentaram curvas mais acentuadas em relação as demais, desta forma, infere-se tendência decrescente na perda de água à medida

que diminui a frequência de irrigação. Também, verifica-se que as variações no teor de água do solo ao longo do experimento foram maiores quando não se fez o uso do polímero.

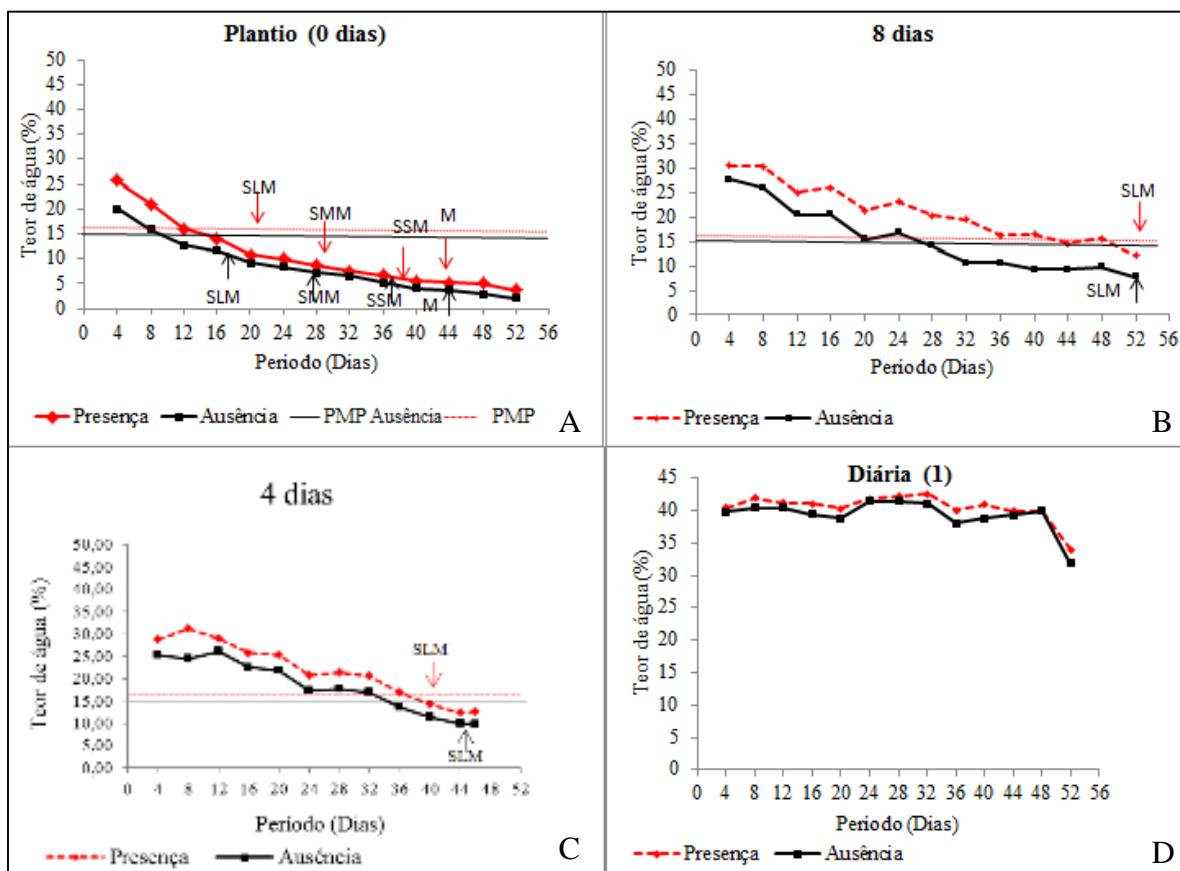
Analizando individualmente o teor de água no solo na presença e na ausência do hidrogel fica evidente que os diferentes níveis de umidade do solo afetaram significantemente todas as variáveis de sintomatologia visual observadas durante o período experimental. Na presença do hidrogel, o início dos sintomas ocorreu quando a umidade volumétrica do solo ultrapassou os valores do PMP (15,7 %), enquanto que na ausência os sintomas apareceram antes de atingir o PMP que nesta condição foi de 15%.

Quando a irrigação ocorreu apenas no plantio, na presença do hidrogel houve um atraso nos dias em que apareceram os sintomas visuais de déficit hídrico avaliado. Os sintomas leves de murcha (SLM) apareceram aproximadamente aos 17 dias após o plantio, quando o teor de água no solo chegou a 23%. Quando comparado à ausência do mesmo, esse sintoma apareceu dois dias antes com aproximadamente 20% de umidade. O aparecimento dos sintomas moderados de murcha (SMM), na presença de hidrogel ocorreu aos 25 dias após o plantio quando o teor de água foi de 16 % e na ausência do mesmo aos 19 dias após o plantio com uma umidade de 21,20%.

Considerando os sintomas severos de murcha (SSM), observou-se que da mesma forma que os demais sintomas avaliados, na presença de hidrogel houve um retardamento de aproximadamente cinco dias no aparecimento destes sintomas, ocorrendo quando o teor de água chegou a 14,20%, aos 30 dias após o plantio, sendo que na ausência esse sintoma ocorreu aos 24 dias e um teor de umidade de 16,65 %. Quando se fez uso do polímero hidroretentor, constatou-se que a morte das mudas (M) ocorreu aproximadamente aos 36 dias após o plantio quando o teor de água no solo atingiu 13,9%. Já a não utilização do mesmo, esses sintomas foram observados aos 31 dias com 15% de umidade, exatamente no ponto de murcha permanente.

Para as frequências de quatro e oito dias, verificaram-se apenas os sintomas leves de murcha (SLM), sendo que em ambas as frequências, apesar de apresentarem maior teor de água no solo na presença do polímero, este sintoma ocorreu antes quando comparado à ausência do mesmo. As mudas irrigadas a cada oito dias iniciaram os sintomas leves de murcha nos tratamentos que fizeram uso do hidrogel quando o teor de água estava a 15 % e posteriormente na ausência com 6,44 %. Já, a cada quatro dias os sintomas iniciaram quando a umidade do solo ficou com aproximadamente com 11,0 e 16,0 % na presença e ausência respectivamente. As mudas que receberam irrigação todos os dias, não apresentaram sintomas visuais de murcha.

Figura 11- Teor de água no solo relacionado com o inicio da sintomatologia visual do déficit hídrico em clones de *Eucalyptus urograndis* em função do teor de água do solo em função da irrigação e presença ou ausência de hidrogel. A- Irrigação apenas no plantio; B- Irrigação a cada 8 dias; C- Irrigação a cada 4 dias e D- Irrigação todos os dias. Onde SLM: Sintomas leves de murcha, SMM: Sintomas moderados de murcha. SSM: Sintomas severos de murcha e M: Planta morta.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

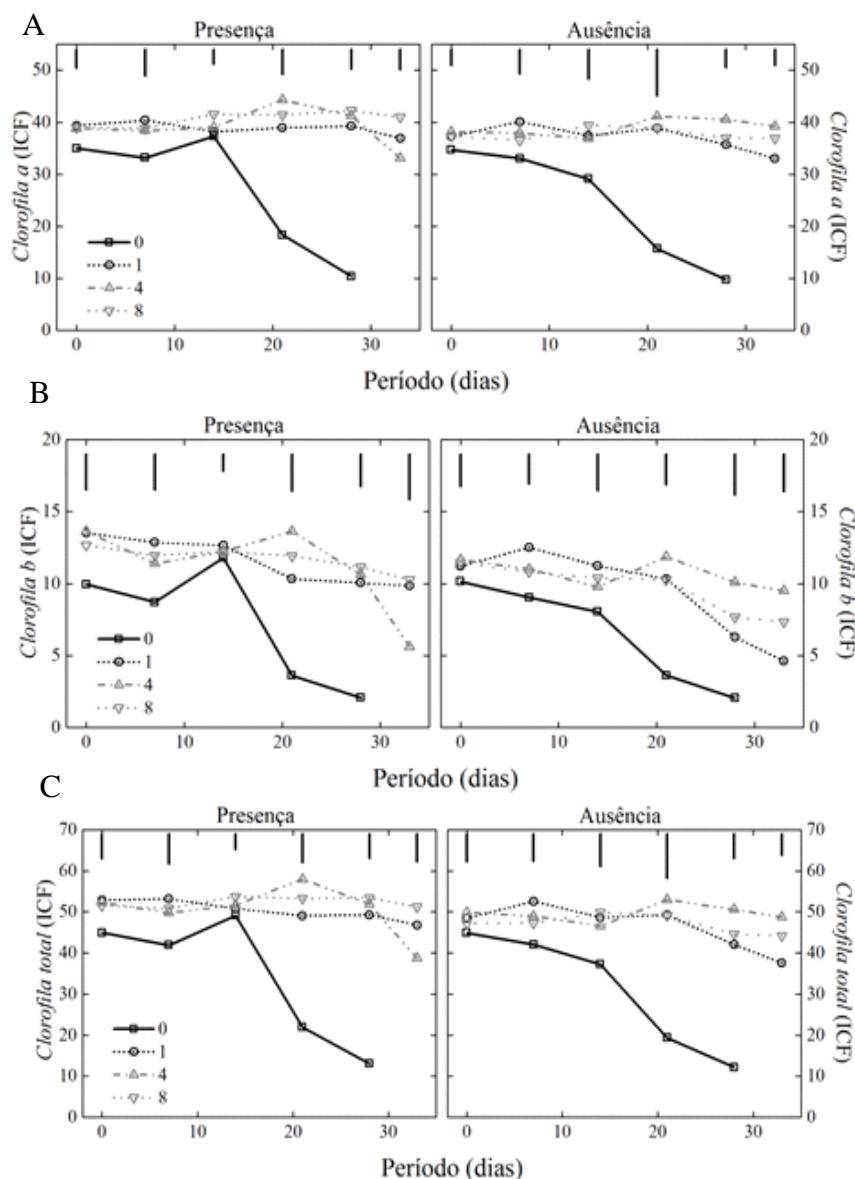
Neste sentido, as mudas de eucalipto somente sobreviveram abaixo do ponto de murcha permanente devido seu ajuste osmótico, que se desenvolve lentamente em resposta à desidratação do tecido causado pelo déficit hídrico. As folhas que são capazes de realizar esse ajuste podem manter o turgor sob potenciais hídricos mais baixos (TAIZ e ZEIGER, 2014).

5.2.6 Índice de Clorofila

Os teores foliares de clorofilas *a*, *b* e *total* em clone de *Eucalyptus urograndis* apresentaram maiores valores das leituras SPAD nos tratamentos com a presença do hidrogel (Figura 12). A determinação dos teores de clorofila da folha é importante porque a atividade

fotossintética da planta depende, em parte, da capacidade da folha para absorver luz (SALLA et al., 2007).

Figura 12- Teores de clorofila em clone de *Eucalyptus urograndis* em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. A- clorofila a; B- clorofila b; C- clorofila total.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Estes resultados sugerem que com o uso do hidrogel possivelmente diminua a perda de nutrientes por lixiviação, proporcionando assim maior teor de clorofilas devido aos maiores teores de nitrogênio, sendo que este elemento é constituinte da molécula de clorofila, e seu sintoma de deficiência é a redução dos teores de clorofilas.

Desta forma, o solo apresentando maior disponibilidade de água, a taxa de mineralização da matéria orgânica aumenta em relação ao solo com umidade menor, disponibilizando assim uma maior quantidade de nitrogênio para planta. Estes resultados podem ser justificados devido ao fato que o solo com maior retenção de água, apresenta maior quantidade de nitrogênio na forma de nitrato na solução do solo sendo que este é absorvido mais facilmente por fluxo de massa.

Tohidi-Moghadam et al. (2009) estudando a resposta de seis genótipos de canola ao estresse hídrico e a aplicação de hidrogel, observaram que a deficiência da água também reduziu o conteúdo de clorofila e que sob condições de campo, o hidrogel, aumentou os teores de clorofila sendo que, a deficiência de água e a ausência de hidrogel levaram a um decréscimo da mesma. Segundo estes autores, esses resultados podem ser relacionados à redução da fotossíntese.

De acordo com Mendonça et al. (2010), o índice SPAD tem potencial para ser utilizado como um indicador de estresse. Contudo, esse estresse por déficit hídrico é normalmente caracterizado por perda de clorofila e um declínio progressivo na capacidade fotossintética das plantas. O que leva a análise dos pigmentos fotossintéticos a ser uma importante ferramenta para avaliação da sanidade e integridade dos aparatos internos da célula durante o processo de fotossíntese (RONG-HUA et al., 2006) e fornece uma precisa técnica de detecção e quantificação de plantas tolerantes ao estresse hídrico (JABEEN et al., 2008).

As clorofilas desempenham papel importante na fotossíntese, sendo responsáveis pela captação de energia luminosa, destacando-se a clorofila a como o principal pigmento dos complexos coletores de luz para as reações fotoquímicas (TAIZ; ZEIGER, 2014). Assim como ocorreu para clorofila a, a degradação da clorofila b é uma das consequências da deficiência hídrica, que pode levar à foto-inibição e diminuição da eficiência fotossintética, além de afetar outros processos celulares como a divisão e expansão celular (LONG et al., 1994). Portanto, é esperado que cultivares que mantenham maiores conteúdos desses pigmentos sob deficiência hídrica, têm melhor capacidade de tolerar essa condição, devido à estreita relação entre clorofilas, potencial fotossintético e produtividade (O'NEILL et al., 2006).

5.2.7 Trocas Gasosas

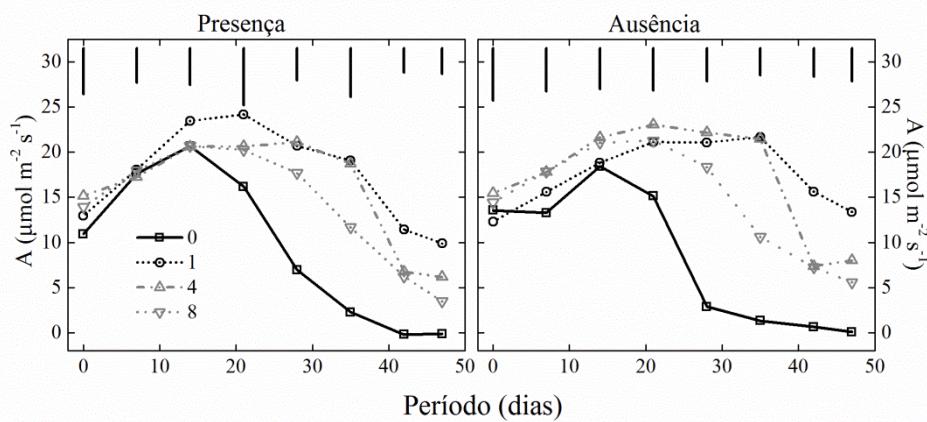
5.2.7.1 Taxa Fotossintética (A)

Analizando a eficiência do hidrogel em relação às frequências de irrigação na ausência ou na presença deste polímero no solo de cultivo pode-se observar efeito direto na taxa fotossintética desta espécie (Figura 13).

De modo geral as mudas foram afetadas pelas frequências de irrigação. Do plantio até o 14º dia a fotossíntese apresentou uma elevação tanto na ausência como na presença do polímero não havendo diferença estatística entre os tratamentos. Nesse período a água não foi o fator limitante, pois havia umidade suficiente no solo em todos os tratamentos.

As diferenças entre as frequências de irrigação foram percebida a partir do 21º dia após o plantio, tanto nos tratamentos com a presença do polímero quanto na ausência do mesmo, ocorrendo assim um rápido decréscimo da taxa fotossintética. Cabe salientar que neste período (21 dias) as mudas que receberam irrigação somente no plantio na presença de hidrogel já evidenciavam sintomas leves de murcha enquanto que na ausência ocorriam os sintomas leves e moderados de murcha.

Figura 13 - Taxa fotossintética (A) em clone de *Eucalyptus urograndis* em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Entre todas as frequências, a maior taxa de fotossintética foi observada na presença de hidrogel aos 21 dias após o plantio quando a irrigação ocorria todos os dias. Na ausência do hidrogel a redução foi mais acentuada atingindo o valor zero aos 46 dias.

Resultados semelhantes foram encontrados por Tatagiba (2006), que estudando as trocas gasosas de clones de *Eucaliptus* sp. sob diferentes regimes de irrigação, verificou que a deficiência hídrica promoveu a redução dos valores da fotossíntese, condutância estomática e transpiração de todos os clones avaliados.

O estresse por deficiência hídrica é produzido tanto pela limitação de água no solo quanto por perda excessiva pela transpiração em relação à absorção feita pelas raízes, sendo esses processos influenciados por fatores ambientais e por características da própria planta (SANT' ANNA, 2009). Lawlor, 2002 afirma que durante o estresse hídrico, o metabolismo fotossintético é mais sensível às mudanças no conteúdo de água celular em alguns tipos de plantas que em outras, embora as causas dessas diferenças ainda não sejam bem entendidas. Algumas plantas apresentam decréscimos na taxa fotossintética de modo paralelo e linear ao decréscimo no conteúdo relativo de água, enquanto outras apresentam decréscimo na taxa fotossintética apenas quando o decréscimo no conteúdo de água ultrapassa 20 a 30%.

Segundo Floss, (2011) a ocorrência de déficits hídricos provoca a diminuição na fotossíntese, principalmente pelo fato de os estômatos se fecharem e a entrada de gás carbônico ficar impedida. Essas reduções são acentuadas e a fotossíntese cessa em plantas no ponto de murcha permanente (PMP). Em condições de campo, muitas plantas cessam a fotossíntese nas horas mais quentes do dia devido à murcha temporária e a redução da elongação celular nas folhas. Neste sentido, o principal efeito do déficit hídrico na redução da taxa de fotossíntese é a redução drástica da elongação das células das folhas reduzindo consequentemente a superfície de absorção da luz.

No presente trabalho a taxa fotossintética declinou rapidamente para todas as frequências de irrigação em específico quando a irrigação ocorreu apenas no plantio independente da presença ou ausência do hidrogel. Além de o fator água influenciar na fotossíntese, este declínio também pode ser justificados pelo fator luz devido às condições climáticas presentes durante o período experimental. Ocorreram muitos dias nublados, reduzindo assim a intensidade luminosa, principalmente no final do experimento. Também pode estar relacionado com a redução da absorção do nitrogênio

5.2.7.2 Transpiração (E)

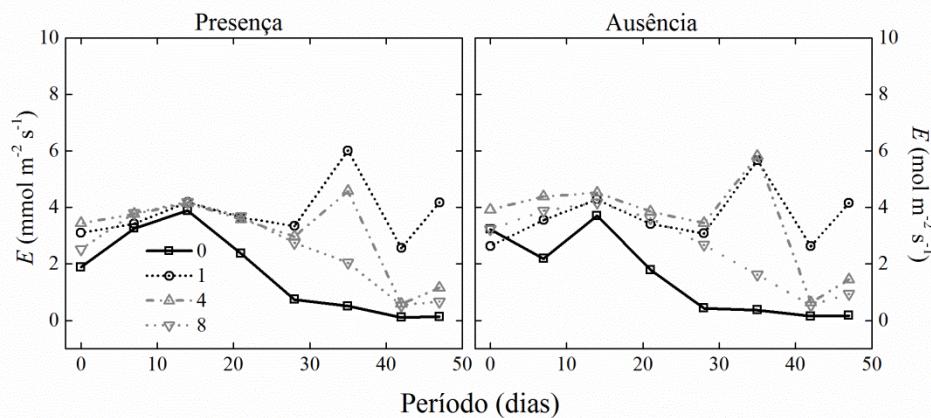
Analizando os dados de transpiração das mudas do clone de *Eucalyptus urograndis* (Figura 14) verificou-se que houve uma variação independente da frequência de irrigação utilizada. De forma geral houve um aumento da taxa de transpiração até o 14º dia, após isso

começou haver uma redução, exceto quando a irrigação foi realizada de forma mais frequente, ou seja, diariamente (1 dia) e a cada 4 dias. Quando a irrigação ocorreu apenas no plantio e a cada oito dias a transpiração apresentou os menores valores decrescendo rapidamente. Na presença do hidrogel apresentou taxas superiores que na ausência do mesmo sugerindo maior consumo de água. Esta redução na transpiração deve-se ao fato de que o déficit hídrico foi responsável por diminuir a transpiração foliar devido o fechamento estomático. Como a abertura dos estômatos depende do grau de saturação hídrica das células estomáticas, pode haver grande restrição da transpiração quando o déficit hídrico na planta for muito grande.

O fechamento parcial dos estômatos é estratégia de tolerância das plantas à deficiência hídrica, porque diminui a taxa de transpiração, mantém o conteúdo hídrico foliar, reduz o risco de desidratação e eventual morte por dessecação (REIS; REIS, 1997).

Na frequência de 4 dias não houve diferença estatística entre a presença e ausência de hidrogel, porém percebeu-se que quando não se fez o uso do polímero as mudas transpiraram mais. Já quando se irrigou todos os dias também não apresentou diferença estatística e os valores de transpiração foram muito similares na ausência e na presença do polímero.

Figura 14- Transpiração (E) em clone de *Eucalyptus urograndis* em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Chaves et al. (2004), estudando o comportamento das trocas gasosas em função de ciclos sucessivos de seca no solo em plantas jovens de clones de eucalipto, verificou que a transpiração foliar seguiu a mesma tendência da condutância estomática, havendo decréscimos de suas taxas em função do aumento dos períodos de seca.

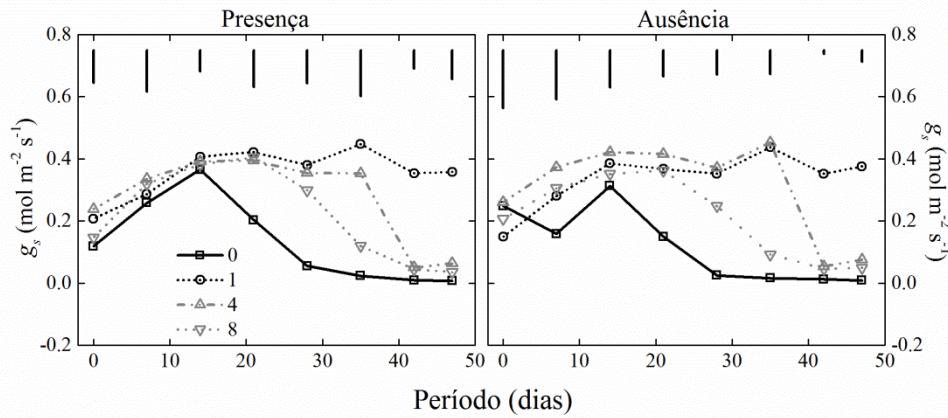
Neste sentido a transpiração foliar é controlada pela abertura e fechamento dos estômatos através de suas células-guarda pela ação do ácido abscísico (TAIZ; ZEIGER, 2014). Neste trabalho os resultados mostraram que, com um declínio no teor relativo de água no solo, ou seja, conforme diminui a frequência de irrigação diminui também a taxa de transpiração.

5.2.7.3 Condutância estomática (g_s)

Em relação à variação da condutância estomática em clone de *Eucalyptus urograndis* ao longo do período experimental observa-se um comportamento semelhante à taxa fotossintética, onde os maiores valores encontrados em quase todas as frequências de irrigação foram para aqueles tratamentos que fizeram o uso do hidrogel (Figura 15).

Independente do uso ou não do hidrogel houve um aumento da condutância estomática até o 14º dia. A partir deste período verificou-se uma declinação rápida, exceto quando as mudas era irrigadas diariamente (1 dia), onde esse comportamento era, de certa forma, esperado devido à condição hídrica do solo.

Figura 15- Condutância estomática (g_s) em clones de *Eucalyptus urograndis* em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Na presença do hidrogel, as condutâncias estomáticas das frequências 0, 8 e 1 dia diminuíram em relação às da ausência do mesmo, sem diferenças entre os clones até o 21º dia. No presente trabalho verificou-se que a diminuição da condutância estomática diminui consequentemente a taxa fotossintética. Chaves et al. (2009) comenta que o fechamento

estomático é um dos primeiros processos a serem afetados pela deficiência hídrica em plantas, e afetando diretamente a taxa de assimilação líquida de CO₂ (*A*).

Vellini et al. (2008) também constataram uma redução da condutância estomática e da transpiração, em clones de eucalipto, com a redução da disponibilidade de água. Essa restrição da perda de água através do fechamento dos estômatos e o aumento da aquisição da água pelo sistema radicular são mecanismos importantes para a sobrevivência das plantas em situações de déficit hídrico (NGUGI et al., 2004).

Da mesma forma, Chaves et al. (2004), com intuito de selecionar clones de *Eucalyptus* sp. para ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo, avaliou dois ciclos de irrigação. O autor destacou que os primeiros efeitos visíveis do déficit hídrico foi a paralisação do crescimento, o fechamento dos estômatos e o murchamento das folhas jovens.

O controle do fluxo de CO₂ na folha é mediado pela abertura estomática, assim como os processos fotossintetizantes são mediados pela disponibilidade hídrica regular (TAIZ; ZEIGER, 2014). Isso justifica o fato da diminuição significativa na taxa de transpiração analisada anteriormente conforme se diminuiu a frequência de irrigação.

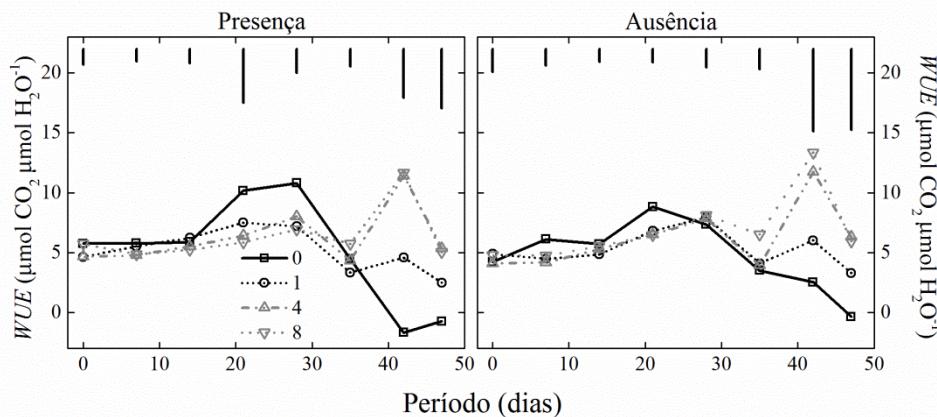
O declínio da condutância estomática em clone de *Eucalyptus urograndis* coincide com o comportamento observado em plantas irrigadas e não irrigadas de *Eucalyptus* sp. em condições de campo, observadas por Carneiro et al. (2008), demonstrando que o eucalipto exerce controle estomático eficiente em condições de baixa disponibilidade de água no solo. Já, Chaves et al. (2004) não observaram diferença significativa entre clones de eucalipto plenamente irrigado e sob deficiência hídrica.

Neste sentido, Oliveira (2005), estudando a condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão afirmou que as variações observadas ao longo de um período diurno podem ser explicadas por uma série de fatores, podendo ser devido à sensibilidade à radiação solar que, segundo Turner (1974), sob a condição de estresse, influencia a ação estomática, ao déficit de pressão de vapor d'água que atua como indicador do equilíbrio térmico entre a planta e o meio, além de ritmos endógenos em função da diminuição da água no solo. Essas observações são confirmadas por Meinzer et al. (1993); Tardieu; Davies (1993), os quais estabeleceram relações entre o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos e diversos fatores do meio e da própria planta que atuam sobre os mesmos. Em função disso, Oliveira (2005), afirma que as medições de condutância estomática, em geral, apresentam variabilidade acentuada.

5.2.7.4 Eficiência no uso da água (WUE)

Em relação à eficiência no uso da água também foi verificada variações nos resultados no decorrer do período experimental, seguindo um comportamento semelhante à transpiração (Figura 16). Quando a irrigação ocorreu apenas no plantio, até o 14º dia o uso da água foi similar, não havendo diferença estatística entre os tratamentos independente da presença ou ausência. Do período do 14º até o 35º dia na presença do observou-se uma elevação maior no WUE, sendo, no entanto mais eficiente no uso da água, a partir do 35º dia o tratamento que não fez uso do polímero passou a ser mais eficiente, já que neste período a fotossíntese havia diminuído, sendo que há uma relação direta com a fotossíntese e a transpiração. Nesse sentido, a relação fisiológica (carbono fixado/água transpirada) é afetada. Quando a irrigação ocorreu apenas no plantio durante o período de 14 a 35 dias após o plantio houve o melhor aproveitamento de água. É provável que essa eficiência, neste caso, esteja ligada à menor taxa de transpiração pelas plantas.

Figura 16. Eficiência no uso da água (WUE) em clones de *Eucalyptus urograndis* em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

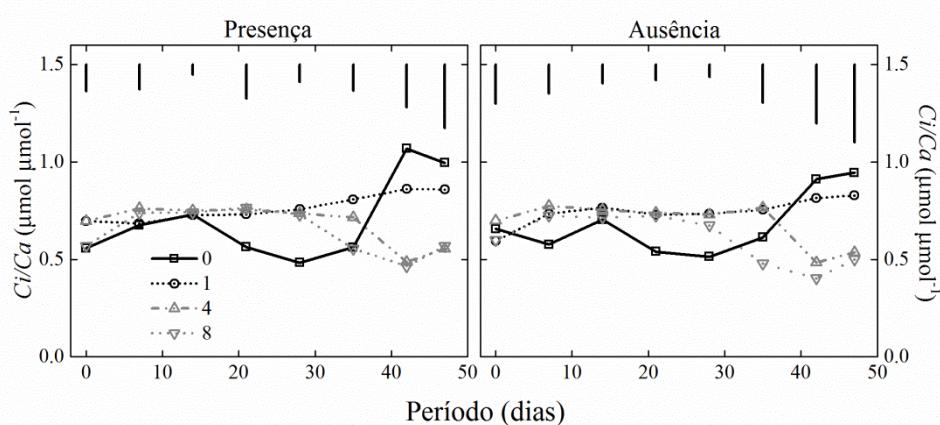
Torres; Schiavinato (2008) afirmam que a vantagem ecológica que as plantas obtêm ao regular a transpiração é manter uma relação linear com o WUE otimizando assim as trocas gasosas. Neste sentido a eficiência no uso da água para a produtividade das culturas depende da espécie, do estádio de desenvolvimento, da densidade de plantas, das condições ambientais e, sobretudo, da disponibilidade hídrica e da capacidade de evaporação do ar (LARCHER,

2006). O Conhecimento da WUE da cultura é de grande importância, pois se torna possível saber a quantidade exata de água que deve ser utilizada na irrigação em locais secos, bem como a seleção de espécies adequadas para cada ambiente.

5.2.7.5 Relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO₂ (ci/ca)

Para a razão ci/ca no geral houve diferença apenas entre as maiores frequências e as menores de irrigação (Figura 17). Tanto na presença de hidrogel quanto na ausência os valores aumentaram em decorrência do déficit hídrico, principalmente quando a irrigação foi realizada apenas no plantio. Nesta frequência de irrigação, durante 14 a 28 dias houve uma queda na relação ci/ca, estes valores justifica-se devido ao fechamento estomático, que de forma geral reduziu a troca de gases entre o ambiente e o interior da folha, mas ainda assim houve a assimilação de CO₂ pelas enzimas. A partir do 35º dia houve um aumento que se referiu a um dano no aparato fotossintético devido ao déficit hídrico e consequentemente as enzimas, principalmente a rubisco param de assimilar CO₂. Mostrando com isso que a limitação de A deixou de ser somente estomática e passou a ser também bioquímica.

Figura 17 - Relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO₂ (ci/ca) em clones de *Eucalyptus urograndis* em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

5.2.8 Conclusões

- Verificou-se que o clone de *Eucalyptus urograndis* apresentou pouca tolerância ao déficit hídrico.

- O polímero hidroretentor possibilitou o acréscimo de aproximadamente cinco dias em que os clones de *Eucalyptus urograndis* permaneceram vivos
- A adição do polímero proporcionou melhoria na biomassa seca, área foliar e o índice de clorofila.
- O retardamento dos sintomas de déficit hídrico na presença do hidrogel foi verificado apenas quando a irrigação ocorreu somente no plantio, porém não exerceu influencia positiva no incremento em diâmetro e altura quando a irrigação ocorreu apenas no plantio.
- O efeito do hidrogel no substrato influenciou positivamente no armazenamento e disponibilização de água a planta no solo, principalmente quando as irrigações ocorrem com mais frequência.
- As trocas gasosas foram afetadas pela disponibilidade de água, pois variaram em função da frequência de irrigação, independente da presença ou ausência do hidrogel. O déficit hídrico foi um fator limitante para a abertura estomática e contribuiu para a queda na assimilação de carbono pela fotossíntese, pois quanto menor a disponibilidade de água, menor os valores de *A*, *gs* e *E*. Já, o WUE aumentou quando diminuiu a disponibilidade de água.

5.3 Eucalyptus urograndis DE ORIGEM SEMINAL

5.3.1 Sintomatologia

A análise de variância dos dados medidos no 47º dia após transferência para os vasos revelou que houve interação ($p<0,05$) entre os fatores para todas as variáveis avaliadas em relação à sintomatologia das plantas afetadas pelos sintomas do déficit hídricos.

Os resultados mostraram que o hidrogel exerceu influência no aparecimento de sintomas de déficit hídrico, originando da mesma forma que o de origem clonal as quatro diferentes classes de estresse.

No geral quando a irrigação ocorreu apenas no plantio, o hidrogel não ofereceu efeito benéfico pra esta espécie, pois nota-se que com a presença do polímero, as mudas de eucalipto permaneceram menos dias sem apresentar sintomas de déficit hídrico, com um adiantamento no aparecimento de sintomas em média de seis dias na frequência de irrigação somente no plantio, ou seja, o uso do polímero e a diminuição da irrigação não correspondem de forma positiva para esta espécie, exceto quando a irrigação ocorreu todos os dias (Tabela 7).

Tabela 6- Duração dos sintomas de estresse hídrico nas plantas, em dias, partir do plantio até o 47º dia após, em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal em vasos, em função da presença ou ausência de hidrogel e diferentes frequências de irrigação.

Variável	Hidrogel	Aparecimento dos sintomas de estresse			Médias
		Frequência de Irrigação			
		Plantio (0)	8 dias	4 dias	Diária (1)
SEM** CV% ¹ 2,64	Presença	14,2 Db*	38,8Ca	40,8Bb	45,8Aa 34,9
	Ausência	20,0Ca	30,0Bb	44,8Aa	47,0Ab 35,4
	Média	17,1	34,3	42,8	46,4
SLM CV% 4,04	Presença	17,3Bb	47,0 Aa	47,0Aa	47,0Aa 39,5
	Ausência	25,3Ca	34,5Bb	47,0Aa	47,0Aa 38,4
	Média	21,3	40,7	47,0	47,0
SMM CV% 3,32	Presença	22,8 Bb	47,0Aa	47,0Aa	47,0Aa 40,9
	Ausência	30,6Ca	35,3Bb	47,0Aa	47,0Aa 39,9
	Média	26,7	41,1	47,0	47,0
SSM CV% 3,93	Presença	29,8Bb	47,0Aa	47,0Aa	47,0Aa 42,7
	Ausência	37,6Ba	35,3Bb	47,0Aa	47,0Aa 41,7
	Média	33,7	41,1	47,0	47,0
NPV CV% 3,93	Presença	29,8Bb	47,0Aa	47,0Aa	45,8Aa 42,7
	Ausência	37,6Ba	35,4Bb	47,0Aa	47,0Aa 41,7
	Média	33,7	45,9	47,0	46,4

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.** SEM – sem sintomas de murcha; SLM - sintomas leves de murcha; SMM - sintomas moderados de murcha; SSM - sintomas severos de murcha e NPV- número de dias que a planta permaneceu viva. ¹CV%: coeficiente de variação.

A classe com sintomas leves, sintomas moderados e severos de murcha, seguiram um comportamento similar ao SEM, quando a irrigação ocorreu apenas no plantio, sendo caracterizado por retardamento do estresse quando não se fez o uso do polímero. Nesta frequência a presença do hidrogel ocasionou uma mortalidade muito mais precoce das mudas diferenciando das irrigações pós-plantio. Porém, quando a irrigação ocorreu a cada 8 dias a presença do hidrogel no solo de cultivo apresentou boa resposta ao seu uso, com um

retardamento dos sintomas de aproximadamente 8 dias. Nas demais frequências de irrigação utilizadas o hidrogel não influenciou as classes de sintomas.

Quanto ao número de dias que as plantas permaneceram vivas, os resultados revelaram que o uso do hidrogel não favoreceu a sobrevivência das mudas, já que na ausência as médias se apresentaram estatisticamente maiores do que as mudas com a presença do mesmo. Isto pode estar relacionado com o efeito do polímero hidro absorvente nas propriedades físicas e hidráulicas do solo, tendo em vista que a expansão do polímero altera o espaço poroso do solo, diminuindo o movimento da solução, ao elevar a capilaridade e minimizar a relação água/ar, conforme constatação de Martyn; Szot (2001) e Albuquerque-Filho et al. (2009). Além disso, Balena (1998) constatou que a permeabilidade dos solos diminui progressivamente com o aumento na concentração de polímeros, sugerindo uma limitação no uso desses polímeros quanto ao aspecto da infiltração da água no solo.

As informações de literatura mostram que existe diferença na disponibilidade de água para as plantas, também, em função da fertilidade do solo e do substrato (BOWMAN et al., 1990; SITA et al., 2005). A adição do hidrogel provavelmente causa o fechamento dos menores poros, diminuindo o espaço de aeração, mas aumentando a retenção de água e a capacidade de retenção de água. Este resultado é provavelmente causado pelo preenchimento dos maiores poros no substrato com a hidratação do hidrogel. Desta forma, o desenvolvimento e a eficiência do sistema radicular são fortemente influenciados pela aeração do solo, contudo, o oxigênio é obtido da fração gasosa do solo, e se o suprimento for limitado pelo excesso de água, o desenvolvimento da muda será prejudicado (STURION; ANTUNES, 2000), prejudicando assim a sua sobrevivência.

Fernandes (2010) observando o desenvolvimento de *Eucalyptus urophylla* em casa de vegetação em resposta a doses de hidrogel e turnos de irrigação, constatou que não houve resposta para as doses de hidrogel aplicadas e com o aumento do turno de rega ocorreu uma diminuição em todos os parâmetros biométricos analisados. Contudo, o autor afirmou que com o aumento das doses de polímero a planta acumulou mais potássio nas raízes e cobre no caule.

Saad et al. (2009) no estudo do hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes , citam que em solo argiloso, as plantas permaneceram vivas por menos tempo, de 14 dias para o manejo de irrigação em plantas consideradas não tolerantes ao estresse hídrico e de 20 dias para o manejo de plantas consideradas plantas adaptadas ao estresse hídrico. O manejo possibilitou seis dias a mais de sobrevivência, e o hidrogel não, o que poderia ser justificado pelas informações de literatura que mostram que

existe diferença na disponibilidade de água para as plantas, em função da classe textural do solo (MARCIANO, 1995; NIMAH et al., 1983) e também em função da fertilidade do solo e do substrato (BOWMAN et al., 1990 ; SITA et al., 2005), que podem deteriorar o hidrogel ou reduzir sua capacidade de armazenar água, quando da presença do Ca e do Mg. Desta forma, o solo argiloso e a baixa fertilidade prejudicaram as propriedades do hidrogel, fazendo com que os sintomas de estresse e a mortalidade fossem aumentados.

Neste sentido, Mota (2011), cita que frequentemente os experimentos com seca são conduzidos em pequenos vasos (restrição ao crescimento radicular), impondo-se déficits hídricos de maneira relativamente rápida, não permitindo que as plantas se aclimatam à seca, o que dificulta sobremodo a extração de dados experimentais para condições reais de campo.

Já, Lopes et al. (2010) avaliando o uso de hidrogel na sobrevivência, após o plantio em solo argiloso, de mudas clonais de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos mostraram que o hidrogel exerce influência no aparecimento de sintomas de estresse hídrico. Segundo os autores o hidrogel possibilitou que as plantas permanecessem vivas sem sintomas de falta de água por até 20 dias, cerca de até 7 dias a mais do que quando o produto não foi adicionado nas covas de plantio.

Cabe salientar que o cultivo em recipiente modifica a capacidade de retenção de água pelo substrato já que o mesmo é homogeneizado e peneirado, não possuindo camadas e ainda não sofre influência de potenciais matriciais das camadas inferiores como ocorre no solo em campo (CASAROLI; JONG VAN LIER, 2008). Assim, estudos mais aprofundados sobre o comportamento sintomatológico na sobrevivência de mudas podem ser realizados em experimentos de campo, e em condições específicas de solo.

5.3.2 Incremento em diâmetro do colo (ID) e altura (IH)

Em relação às características de altura de plantas e diâmetro de colo os resultados mostraram que ambos os incrementos foram afetados pelas frequências hídricas (Tabela 8) aplicadas e o uso de hidrogel, havendo interação entre os fatores ($p>0,05$).

Observou-se um acréscimo do incremento em diâmetro nos tratamentos com a presença do polímero, sendo estes mais evidentes na frequência de todos os dias, onde houve o maior incremento seguido da irrigação a cada 4 dias. Segundo Larcher (2006), as plantas são afetadas pelo declínio do potencial hídrico e tendem a se desenvolver melhor, quando se encontram em condições hídricas adequadas.

Tabela 7- Resultados das médias do incremento em diâmetro (ID) e incremento em altura (IH) em função da presença (3 g L^{-1}) e ausência (0 g L^{-1}) do hidrogel e as frequências de irrigação plantas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal.

Hidrogel		Frequência de irrigação			
		Plantio (0)	8 dias	4 dias	Diária (1)
ID (mm)	Presença	0,14Cb*	0,42Ba	1,44Aa	3,28Aa
	Ausência	0,34Ba	0,17Cb	1,07Ab	3,21Aa
IH (cm)	Presença	1,75Db	5,85Ca	11,30Ba	15,43Aa
	Ausência	2,46Ca	3,30Cb	10,41Ba	16,38Aa

Fonte: Elaborada pela autora,2017.

NOTAS: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. ID- incremento em diâmetro e IH- incremento em altura.

Quando a irrigação ocorreu apenas no plantio, onde neste caso as mudas foram submetidas à suspensão total da rega, o uso do hidrogel não foi satisfatório, ocorrendo uma diminuição nos valores do incremento. A diferença estatística constatada entre estas variáveis ocorreu predominantemente entre as maiores frequências e as menores.

Souza et al. (2006), avaliando o comportamento de quatro espécies florestais em campo submetidas a diferentes adubações orgânicas e minerais com adição de hidrogel, não obtiveram efeitos positivos, já que quando o polímero não estava presente no plantio o desempenho das mudas foi superior.

O crescimento em altura das plantas, assim como em diâmetro esteve diretamente relacionado com a frequência de irrigação. O melhor incremento de altura correspondeu à ausência do polímero, quando irrigado todos os dias, não diferindo estatisticamente quando se fez uso do mesmo nesta frequência. A presença do hidrogel mostrou-se eficiente apenas quando a irrigação ocorreu a cada 4 e 8 dias. Quando se irrigou somente no plantio observou-se que a planta teve seu incremento bastante reduzido, correspondendo melhor a ausência do mesmo. Diante destes resultados é importante salientar que não se torna viável irrigação todos os dias, somente em caso de chuva, assim o uso de hidrogel pode ser bom, com frequência de 8 dias de irrigação.

Resultados semelhantes, foram relatados por Dranski et al., (2013), onde mudas com raízes não imersas em hidrogel foram estatisticamente superiores para o incremento na altura e no diâmetro do coletor no plantio no inverno. Sugere-se que a redução do crescimento em mudas com raízes imersas em hidrogel esteja relacionado ao efeito do polímero nas propriedades físicas e hidráulicas do solo, tendo em vista que a expansão do hidrogel altera o

espaço poroso do solo, diminuindo o movimento da solução, ao elevar a capilaridade e minimizar a relação água/ar, conforme constatação de Balena (1998), Martyn; Szot (2001).

Tezara et al., (2002) afirma que o crescimento depende da divisão celular, do alongamento e da diferenciação, e todos estes processos são afetados pela deficiência hídrica, devido à perda da turgescência. Como o alongamento celular cessa antes da interrupção da fotossíntese, alguns autores sugerem que metabólitos osmoprotetores, que possam ter sido acumulados durante o período em que o alongamento foi inibido pela falta de turgescência, sejam depois utilizados para a síntese da parede celular e para outros processos associados com o crescimento, após a turgescência ter sido restabelecida (CHAVES et al, 2002).

Xavier et al. (2011) observaram que plantas de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficit hídrico (30 e 60 dias), apresentaram maior crescimento sob maior disponibilidade hídrica e que o diâmetro foi o parâmetro que se mostrou mais dependente da disponibilidade de água.

5.3.4 Biomassa seca

Para a biomassa seca das mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal, não foi observada interação entre o uso do hidrogel e as frequências de irrigação, houve efeito significativo somente para os fatores de forma isolada. Na presença de hidrogel, todas as variáveis analisadas de biomassa seca foram estatisticamente melhores que na ausência e quanto mais frequentes as irrigações, maiores foram os valores de biomassa seca (Tabela 9 e 10).

Tabela 8- Médias da biomassa seca da raiz e do caule em função da presença e ausência do hidrogel em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal.

Hidrogel	Raiz (g)	Caule (g)	Folha (g)	Total (g)
Presença	3,25a*	3,55a	3,10a	9,90a
Ausência	2,54b	2,82b	2,39b	7,75b

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas de letras semelhantes não diferem estatisticamente a 5 % pelo teste Scott-Knott.

Tabela 9 - Médias da biomassa seca da raiz, do caule e total em função da frequência de irrigação em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal.

Biomassa seca	Frequência de irrigação			
	Plantio (0)	8 dias	4 dias	Diária (1)
Raiz (g)	1,32d*	2,29c	3,32b	4,64a
Caule (g)	1,75c	2,05c	3,69b	5,27a
Folha (g)	1,12c	1,54c	3,23b	5,09a
Total (g)	4,19d	5,88c	10,24b	15,0a

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas de letras semelhantes não diferem estatisticamente a 5 % pelo teste Scott-Knott.

Apesar da contrariedade com a variável da sintomatologia, tal observação permite inferir que o hidrogel favorece um melhor desenvolvimento da muda. Isto ocorre em função de haver maior retenção de água na presença de hidrogel e, desta forma, maior quantidade de água disponível. Plantas submetidas ao estresse hídrico, sem a presença do polímero, reduziram progressiva e significativamente a matéria seca da raiz, folhas e dos caules, principalmente quando a irrigação ocorreu apenas no plantio.

Esta afirmação é corroborada com Nicoletti et al. (2014), que estudando o efeito deste polímero no enraizamento de miniestacas do híbrido *Eucalyptus urograndis*, a massa seca de raízes apresentou boa resposta ao uso do mesmo. Os autores ainda citam que esta variável apresenta alta importância no desenvolvimento das plantas, pois mudas bem enraizadas apresentam maior capacidade de crescimento e maior potencial de sobrevivência a campo no momento do plantio. Segundo Haase (2008), mudas que apresentam maior massa seca radicular tendem a sobreviver melhor do que aquelas que possuem massa seca radicular inferior.

Resultados semelhantes são citados por Huttermann et al.,(1999), que avaliando a biomassa de *Agrostis stolonifera* observaram que o uso do hidrogel possibilitou um melhor desenvolvimento da cultura, especialmente do sistema radicular que apresentou um maior número de raízes adventícias. Contudo, Buzetto et al. (2002), apesar de registrarem uma redução importante nas taxas de mortalidade das mudas, não observaram efeito significativo sobre o crescimento das mesmas.

Matos et al. (2016) conduziram um experimento em casa de vegetação com mudas de *Eucalyptus urocan*(cruzamento entre *E. urophylla* x *E. camaldulensis*), com plantas irrigadas diariamente com água correspondente a 25, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração diária,

observaram que sob condição de déficit hídrico o *E. urocan* apresentou um maior crescimento no sistema radicular.

Xavier et al., (2011) observaram que plantas de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* crescendo em vasos sob diferentes níveis de déficit hídrico, apresentaram maior crescimento sob maior disponibilidade hídrica e que o diâmetro foi o parâmetro que se mostrou mais dependente da disponibilidade de água.

5.3.3 Área Foliar

Para a área foliar, a interação dos fatores estudados no experimento (hidrogel × frequência) não foi significativa, ou seja, os fatores estudados atuaram de forma independente. A determinação da área foliar revelou que a mesma aumentou em função da presença de hidrogel, sendo que quando se fez uso do mesmo, as médias foram estatisticamente superiores ($499,8 \text{ cm}^2$) quando comparada a ausência do polímero ($400,51 \text{ cm}^2$). Dessa forma, com uma maior área foliar, consequentemente, maior será a área fotossinteticamente ativa das plantas e por sua vez a assimilação de substâncias fotossintetizadas.

Resultado semelhante foi relatado por Dranski, (2010) em que folhas das mudas de pinhão-manso imersas em hidrogel apresentaram médias superiores quando comparadas com mudas sem a imersão do mesmo. Zonta et al. (2009) e Arbona et al. (2005), também observaram a elevação da área foliar em *Coffea canefora* e *Poncirus trifoliata* × *Citrus sinensis*, quando utilizado o polímero em pós-plantio.

Ao fazer-se uma comparação entre as frequências, verifica-se que estas mostraram diferenças de área foliar entre si, sendo que a irrigação diária foi a que apresentou maior média. Além disso, conforme diminuiu a frequência, foi diminuindo os valores de área foliar. A área foliar das plantas, na frequência de irrigação apenas no plantio, apresentou uma grande redução (Tabela 11). Esta redução pode se traduzir em uma estratégia de sobrevivência, com o intuito de diminuir a área disponível para a transpiração, uma vez que quanto menor a área foliar menor será a demanda de recursos, levando à economia de água, possibilitando à espécie suportar melhor o estresse hídrico. Taiz; Zeiger (2014) mencionam que as plantas apresentam mecanismos para amenizar os efeitos do estresse hídrico sobre o crescimento vegetal, entre os quais citam a redução da área foliar, uma vez que a redução do turgor das células é o mais precoce efeito biofísico significante do estresse hídrico, que afeta diretamente a expansão foliar e juntamente com a senescência das folhas, a planta reduz a perda de água por transpiração.

Tabela 10 - Médias de área foliar em função da presença e ausência do hidrogel em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal.

Área Foliar (cm ²)	Frequência de irrigação			
	Plantio (0)	8 dias	4 dias	Diária (1)
	109,5*	221,6c	577,8b	891,7a

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas de letras semelhantes não diferem estatisticamente a 5 % pelo teste Scott-Knott.

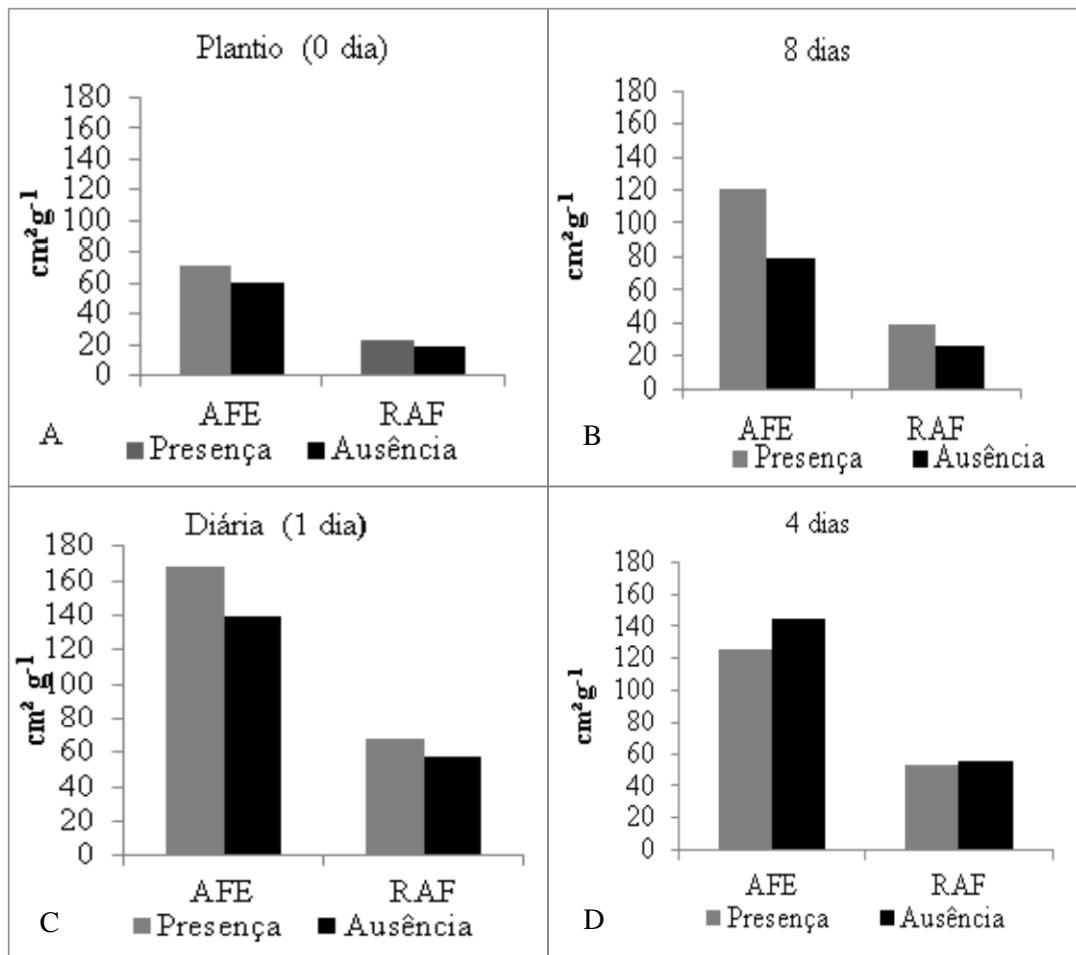
Estes resultados foram semelhantes aos de Souza (2014), onde determinando a área foliar de mudas cafeiro submetidas a quatro níveis de irrigação (25%, 50%, 75% e 100% de umidade no solo), verificou que a irrigação influenciou positivamente a área foliar da espécie, o que pode ser verificado pelo maior crescimento das plantas que receberam os maiores níveis de irrigação. O aumento na área foliar pode ser explicado pela boa disponibilidade de água e tal fenômeno deve-se à relação que existe entre o tamanho alcançado pelas folhas e a umidade do solo (FAVARIN et al., 2002). Já em condições de déficit hídrico, o equilíbrio entre a produção de assimilados e a demanda para o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos é severamente afetado pela redução na área foliar fotossinteticamente ativa (GERIK et al., 1996).

Em relação à área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) verificou-se que independente do uso do hidrogel, os valores aumentaram em decorrência do aumento da frequência de irrigação, ou seja, quanto maior a frequência maior foram os valores para estes parâmetros. Nesse sentido, com uma maior disponibilidade de água, maior será a área foliar útil para a fotossíntese (Figura 18).

A presença de hidrogel no solo de cultivo refletiu maiores ganhos em ambos os parâmetros avaliados, exceto quando a irrigação ocorreu a cada 4 dias, onde as melhores médias foram observadas quando não se fez uso do mesmo (Figura 18 D).

Estes parâmetros são relativamente sensíveis às mudanças ambientais, embora os incrementos na RAF sejam consequências do incremento da AFE, já que os valores da AFE são mais sensíveis às alterações da irradiância, pois é uma medida estratégica da alocação da biomassa que reflete a área disponível para a captura de luz por unidade de fotoassimilados investidos nas folhas (MARAÑON; GRUBB 1993).

Figura 18 - A - Valores de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) na ausência e presença de hidrogel somente no plantio. B- Valores de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) na ausência e presença de hidrogel na frequência de 8 dias C- Valores de área foliar específica e razão de área foliar na ausência e presença de hidrogel todos os dias (diária). D- Valores de área foliar específica e razão de área foliar na ausência e presença de hidrogel a cada 4 dias.

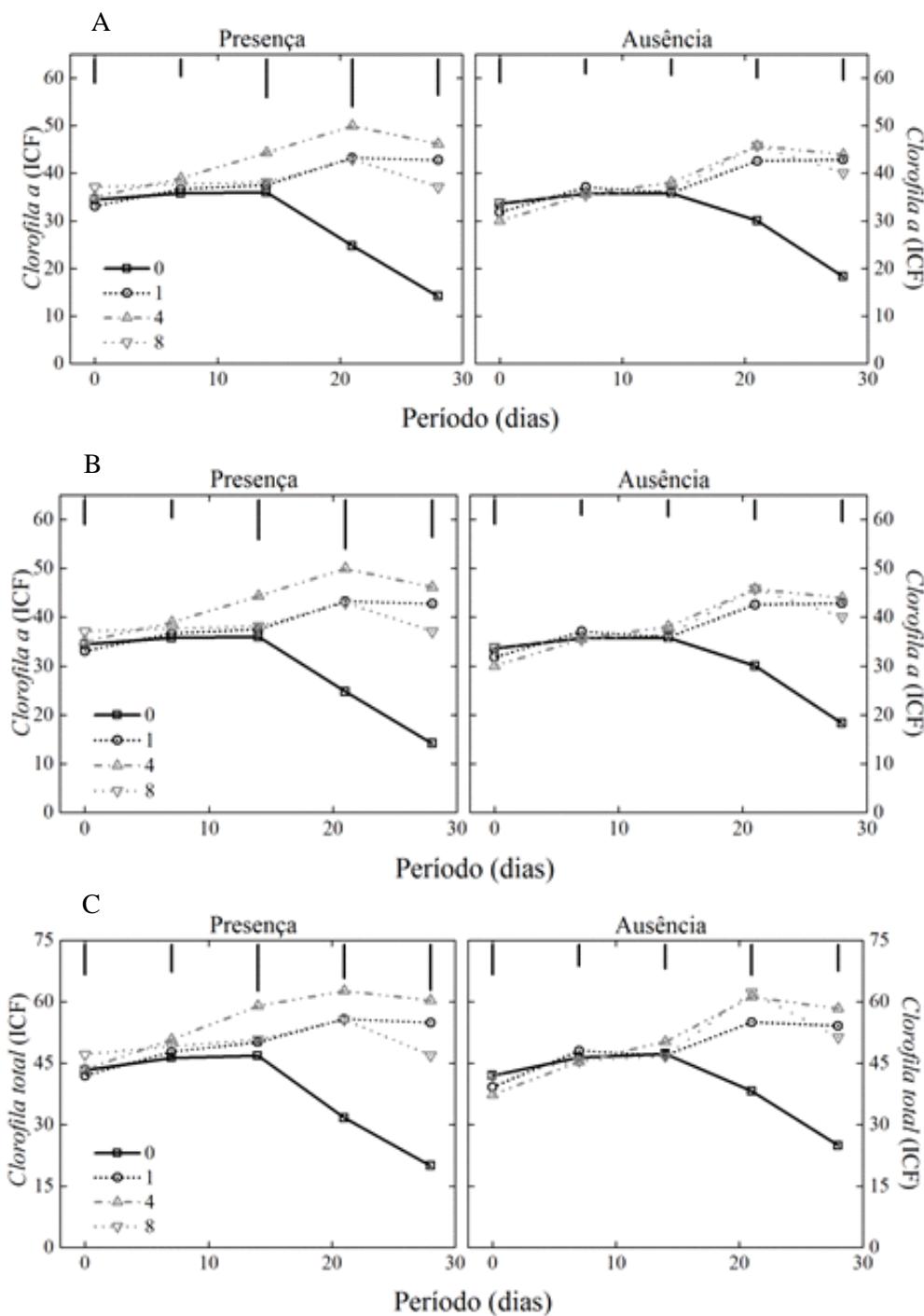


Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

5.3.4 Índice de Clorofila

Os índices foliares de clorofilas *a*, *b* e *total* em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal apresentaram maiores valores das leituras SPAD, expressos em ICF (Índice de Clorofila), nos tratamentos com a presença do hidrogel, mostrando assim, que com o uso do polímero a quantidade de nutrientes disponibilizados, especificamente o nitrogênio, permitiu maior quantidade desses pigmentos fotossintetizante. Observou-se um aumento do ICF quando a irrigação ocorreu a cada 4 dias, com um decréscimo mais rápido nas outras frequências, principalmente quando a irrigação ocorreu apenas no plantio (Figura 19).

Figura 19- Teores de clorofila em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. A- clorofila a; B- clorofila b; C- clorofila total.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Estudos semelhantes a esse foram descritos por Vieira et al. (2014), onde avaliando o estresse hídrico para a cultura da cana-de-açúcar afirmaram que houve tendência de aumento do índice de clorofila (ICF) à medida que se aumentou as lâminas de irrigação. Os autores

citam que o déficit hídrico afetou a concentração de pigmentos, reduzindo a capacidade fotossintética, interferindo de forma negativa no desenvolvimento da cultura, promovendo diminuição da área foliar e do índice de clorofila, com aumento do estresse hídrico, com redução da produtividade. Bolat et al. (2014) avaliando o efeito do estresse hídrico em portanxertos de maçã, também observaram redução do índice de clorofila em plantas submetidas ao estresse hídrico.

Da mesma forma que a espécie estudada anteriormente (*Eucalyptus urograndis* de origem clonal) estes resultados sugerem que o uso do hidrogel diminua a perda de nutrientes por lixiviação, proporcionando assim maior teor de clorofilas devido aos maiores teores de nitrogênio, sendo que este elemento é constituinte da molécula de clorofila, e seu sintoma de deficiência é a redução dos teores de clorofilas.

De acordo com Booij et al. (2000), o teor de clorofila na folha é utilizado para predizer o nível nutricional de nitrogênio (N) em plantas. A determinação dos teores de clorofila da folha é importante porque a atividade fotossintética da planta depende, em parte, da capacidade da folha para absorver luz (SALLA et al., 2007).

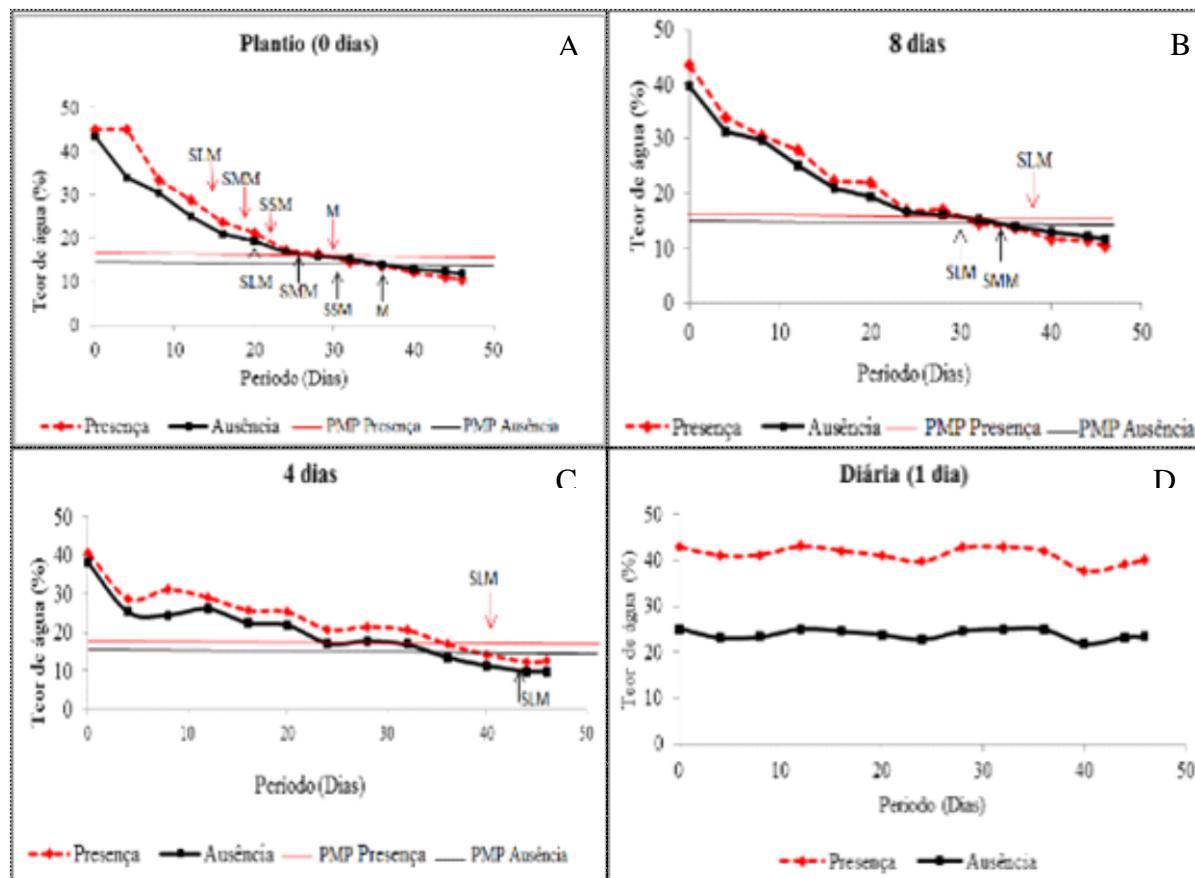
5.3.5 Determinação do teor de água do solo

Os valores do teor de umidade no solo variaram de acordo com a frequência de irrigação utilizada. Observa-se que para ambas as frequências, a quantidade de água no solo aumentou quando se fez o uso do polímero apresentando maiores valores quando comparado com a ausência do mesmo, o que pode estar ligado à presença do hidrogel como condicionante da umidade.

Independente da frequência utilizada à presença do hidrogel manteve o solo com maior quantidade de água (Figura 20). Fica evidente que os diferentes níveis de umidade do solo afetaram显著mente todas as variáveis de sintomatologia visual observadas durante o período experimental.

Quando a irrigação ocorreu apenas no plantio e cada 4 dias (Figura 20A e 20C), na presença do hidrogel, apesar de reter mais água, o início dos sintomas ocorreu antecipadamente. Na primeira condição (irrigação apenas no plantio) os sintomas leves de murcha (SLM) apareceram aproximadamente aos 14 dias após o plantio, quando o teor de água no solo chegou a 24%. Já, na ausência do mesmo, esse sintoma apareceu aproximadamente 6 dias depois com 20,9 % de umidade.

Figura 20 - Teor de água no solo e sintomatologia visual em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel. A- Irrigação somente no plantio; B- Irrigação a cada 8 dias; C- Irrigação a cada 4 dias e D- Irrigação diária. Onde SLM: Sintomas leves de murcha, SMM: Sintomas moderados de murcha. SSM: Sintomas severos de murcha, M: Planta morta e PMP: Ponto de murcha permanente.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

O aparecimento dos sintomas moderados de murcha (SMM), na presença de hidrogel ocorreu aos 25 dias após o plantio quando o teor de água foi de 16,6 % e na ausência do mesmo aos 17 dias após o plantio com uma umidade de 23%. Os sintomas severos de murcha (SSM) na presença de hidrogel foram observados quando a umidade do solo atingiu 15,9 % aproximadamente aos 31 dias após o plantio, sendo que na ausência estes sintomas tiveram inicio com 22 % de umidade aos 23 dias depois do plantio. Para esta espécie, a morte das mudas (M) foi constatada quando a umidade volumétrica do solo atingiu o ponto de murcha permanente (15,7 % na presença do polímero e 15,0 na ausência) aos 37 e 28 dias após o plantio respectivamente.

As mudas irrigadas a cada 4 dias iniciaram os sintomas leves de murcha (SLM) nos tratamentos que fizeram uso do hidrogel quando o teor de água estava abaixo do ponto de murcha permanente, com 13,5 % e posteriormente na ausência com 11,3 %.

Sanches (2013) cita que o fato de o polímero reter mais água por um maior período após sua reidratação não quer dizer diretamente que o mesmo retém água disponível para as plantas. Ainda, conforme os autores, avaliando a capacidade de retenção de água sob a influência da temperatura, notou-se que após 42 horas de exposição dos anéis a fonte de calor, mais difícil foi o processo de evaporação da água podendo esta estar fortemente retida na cadeia polimérica, sugerindo realizar estudos em mesa de tensão com hidrogéis reidratados para melhores conclusões.

5.3.6 Trocas Gasosas

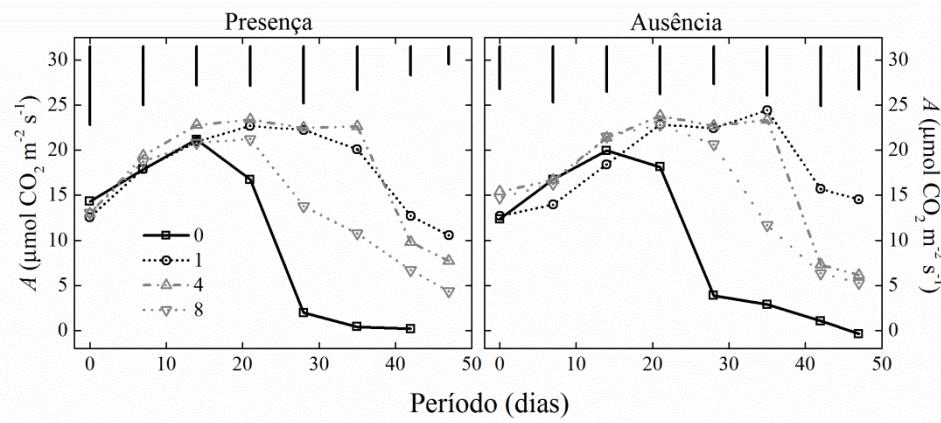
5.3.6.1 Taxa Fotossintética (A)

Analizando a eficiência do hidrogel em relação às frequências de irrigação na ausência ou na presença deste polímero no solo de cultivo pode-se observar que a taxa fotossintética das mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal foi afetada pelas frequências de irrigação (Figura 21).

Percebe-se que do plantio até o 14º dia a fotossíntese apresentou uma elevação, tanto na ausência como na presença do polímero, não havendo diferença estatística entre os tratamentos, pois nesse período havia umidade suficiente no solo em todos os tratamentos. A partir do 21º dia as diferenças entre as frequências de irrigação foram percebidas, tanto nos tratamentos com a presença do polímero quanto na ausência do mesmo, ocorrendo assim um rápido decréscimo da taxa fotossintética, principalmente quando a irrigação ocorreu apenas no plantio.

Entre todas as frequências, a maior taxa de fotossintética foi observada na ausência de hidrogel aos 35 dias após o plantio quando a irrigação ocorria todos os dias. Na presença do hidrogel a redução foi mais acentuada atingindo o valor zero aos 35 dias.

Figura 21 - Taxa fotossintética (A) em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

O processo fotossintético, segundo Floss (2011), está na dependência de fatores externos, ou seja, do ambiente e fatores internos (genéticos e fisiológicos), que atuam concomitantemente, estando à velocidade do processo na dependência do fator mais deficiente. O autor comenta que o processo será, então, limitado por este fator limitante, só aumentando a velocidade á medida que este fator for corrigido, passando a intensidade do processo a ficar na dependência de outro, que passará a ser deficiente.

Da mesma forma que para *Eucalyptus urograndis* clonal, para a seminal a taxa fotossintética declinou rapidamente para todas as frequências de irrigação em específico quando a irrigação ocorreu apenas no plantio independente da presença ou ausência do hidrogel. Além de o fator água influenciar na fotossíntese, este declínio também pode ser justificados pelo fator luz devido às condições climáticas presentes durante o período experimental, pois ocorreram muitos dias nublados, reduzindo assim a intensidade luminosa, principalmente no final do experimento, além de poder estar relacionado com a redução da absorção do nitrogênio.

Segundo Good; Bell (1980), o conceito de fatores limitantes no caso da fotossíntese representa a dependência que esse processo fisiológico tem daquele fator que estiver em menor disponibilidade, neste caso, a água, considerando os demais em quantidades adequadas. Desta forma, o déficit hídrico provocará o fechamento dos estômatos e, consequentemente, o fator limitante passará ser o CO_2 (FERRAZ, 1987), com efeitos diretos sobre a fotossíntese e o crescimento (EL-SHARKAWY, 2007).

A ocorrência de déficits hídricos provoca a diminuição na fotossíntese, principalmente pelo fato de os estômatos se fecharem e a entrada de gás carbônico ficar impedida. Essas reduções são acentuadas e a fotossíntese cessa em plantas no ponto de murcha permanente (PMP). Em condições de campo, muitas plantas cessam a fotossíntese nas horas mais quentes do dia devido à murcha temporária e a redução da elongação celular nas folhas. Neste sentido, o principal efeito do déficit hídrico na redução da taxa de fotossíntese é a redução drástica da elongação das células das folhas reduzindo consequentemente a superfície de absorção da luz.

Lawlor (2002) afirma que durante o estresse hídrico, o metabolismo fotossintético é mais sensível às mudanças no conteúdo de água celular em alguns tipos de plantas que em outras, embora as causas dessas diferenças ainda não sejam bem entendidas. Algumas plantas apresentam decréscimos na taxa fotossintética de modo paralelo e linear ao decréscimo no conteúdo relativo de água, enquanto outras apresentam decréscimo na taxa fotossintética apenas quando o decréscimo no conteúdo de água ultrapassa 20 a 30%.

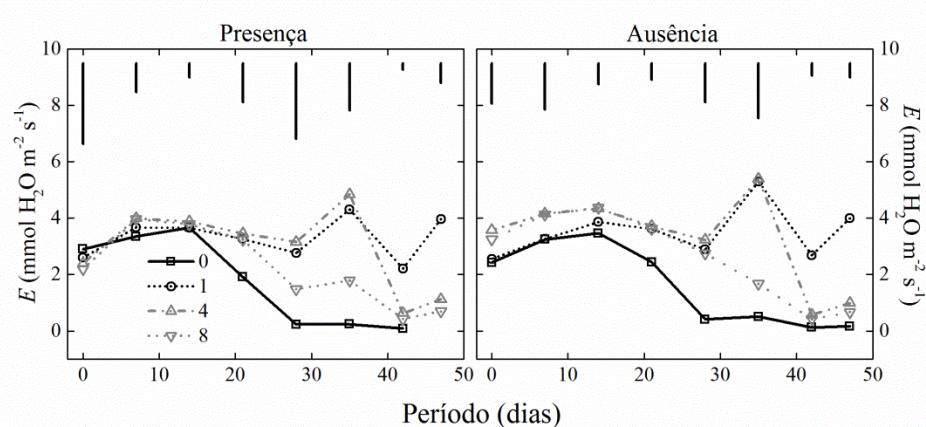
5.3.6.2 Transpiração (E)

Em relação ao fluxo de transpiração das mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal observou- se que houve uma variação independente da frequência de irrigação utilizada (Figura 22). Da mesma forma que a fotossíntese, houve um aumento até o 14º dia, após isso começou a haver uma redução, exceto quando a irrigação foi realizada de forma mais frequente, ou seja, diariamente (1 dia) e a cada 4 dias. Não houve diferença estatística até este período (14º dia), a partir deste foi verificado apenas entre as maiores frequências e as menores.

Quando a irrigação ocorreu apenas no plantio e a cada oito dias a transpiração apresentou os menores valores decrescendo rapidamente, pois a limitação no fornecimento de água provocou uma redução no fluxo de transpiração. Na ausência do hidrogel apresentou taxas superiores que na presença do mesmo sugerindo maior consumo de água.

Esta redução na transpiração deve-se ao fato de que o déficit hídrico foi responsável por diminuir a transpiração foliar devido ao fechamento estomático. Como a abertura dos estômatos depende do grau de saturação hídrica das células estomáticas, pode haver grande restrição da transpiração quando o déficit hídrico na planta for muito grande.

Figura 22 - Transpiração (E) em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Quando a irrigação ocorreu a cada 4 dias, não foi verificado diferença estatística entre a presença e ausência de hidrogel, porém percebeu-se que quando não se fez o uso do polímero as mudas transpiraram mais. Já quando se irrigou todos os dias também não apresentou diferença estatística e os valores de transpiração foram muito similares na ausência e na presença do polímero.

Nas maiores frequências (irrigação diária e a cada 4 dias), verificou-se que as plantas transpiraram mais. Aparentemente, estando todas as condições ambientais no estado ótimo, ou seja, disponibilidade de água, luminosidade e temperatura), o crescimento das plantas é melhor quando a umidade relativa do ar está próxima de 100 %. Nessa situação, é menor o gradiente de potencial de água entre a folha e a atmosfera e os estômatos permanecem abertos permitindo a máxima saída de água, mas o ingresso máximo de CO₂ (WINTER, 1976).

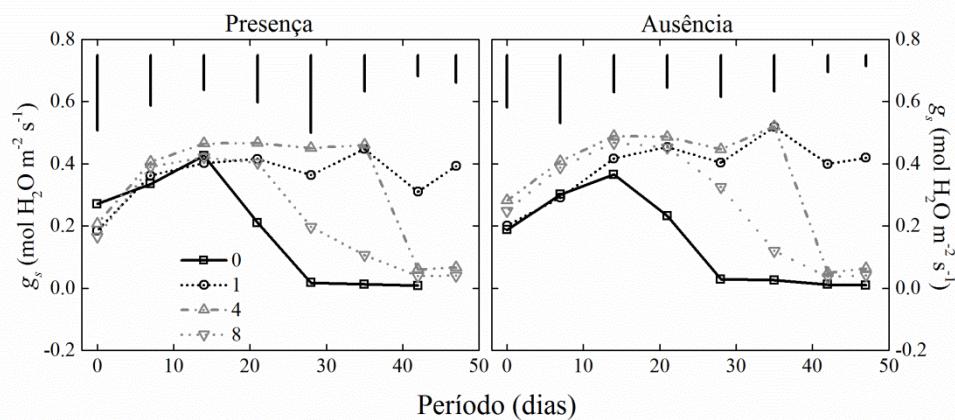
No presente trabalho os resultados mostraram que, com um declínio no teor relativo de água no solo, ou seja, conforme diminui a frequência de irrigação diminui também a taxa de transpiração. Floss (2011) comenta que a taxa transpiratória será tanto mais elevada quanto maior for à disponibilidade de água para as plantas. Portanto, se a absorção de água for diminuindo, por causa da diminuição do potencial hídrico do solo é reduzida também a transpiração. Quando o déficit hídrico se torna ainda mais severo os estômatos se fecham, o que causa uma redução ainda maior na transpiração (SUTCLIFE, 1980).

Para alguns fitofisiológicos, a transpiração é um mal necessário, pois a perda de água pelas plantas pelo processo transpiratório é inevitável visto que precisam manter abertos os estômatos das folhas para permitir a entrada de CO₂ necessário à fotossíntese.

5.3.6.3 Condutância estomática (g_s)

Em relação aos dados de condutância estomática em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal ao longo do período experimental observou-se um comportamento semelhante à taxa fotossintética, onde os maiores valores encontrados em quase todas as frequências de irrigação foram para aqueles tratamentos que fizeram o uso do hidrogel (Figura 23).

Figura 23 - Condutância estomática (g_s) em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

As variações das condições de umidade do solo causaram variações significativas na condutância estomática da espécie, independente do uso ou não do hidrogel houve um aumento da condutância estomática até o 14º dia. A partir deste período verificou-se um declínio rápido, exceto quando as mudas era irrigadas diariamente (1 dia), onde esse comportamento era, de certa forma, esperado devido à condição hídrica do solo.

Não foram verificadas diferenças estatísticas até o 14º dia após o plantio, após esse período a condutância estomática diminuiu significativamente entre as maiores frequências e as menores. Verificou-se também que a diminuição da condutância estomática diminuiu a taxa fotossintética. Neste sentido, o efeito imediato do estresse hídrico é causar o fechamento dos estômatos (LORETO et al., 2003) e redução na condutância do mesofilo (FLEXAS et al., 2012). Em função disso há relação direta entre condutância estomática e fotossíntese.

Chaves et al. (2009) comenta que o fechamento estomático é um dos primeiros processos a serem afetados pela deficiência hídrica em plantas, e afetando diretamente a taxa

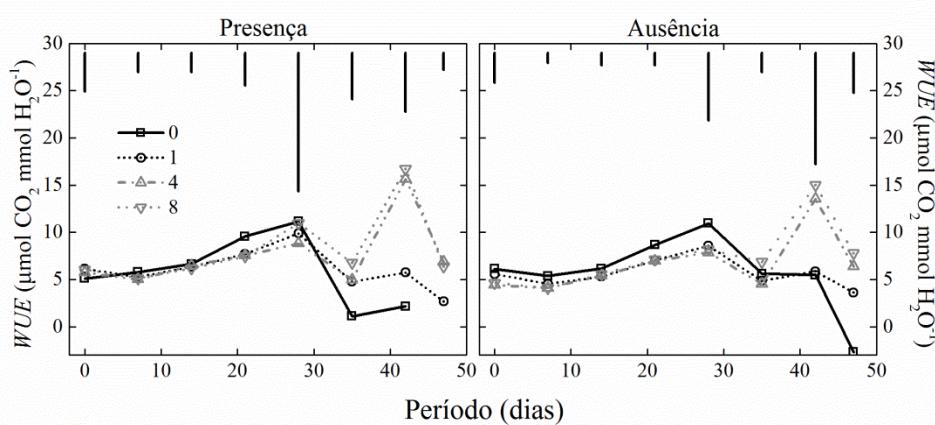
de assimilação líquida de CO₂ (A), pois a própria redução na condutância estomática em plantas com déficit hídrico, com a consequente queda em A , é uma estratégia para reduzir a perda excessiva de água via transpiração.

5.2.6.5 Eficiência no uso da água (WUE)

Analisando a eficiência no uso da água no decorrer do período experimental nota-se que nas duas condições de solo (presença e ausência de hidrogel), até o 21º dia o uso da água foi similar. Plantas submetidas à deficiência hídrica, ou seja, nas menores frequências apresentaram no geral maior eficiência no uso da água. Independente da ausência ou a presença do hidrogel foi verificado que ambas apresentaram o mesmo comportamento. Evidencia-se, assim, que os efeitos das diferentes frequências de irrigação sobre a condutância estomática foram bem expressivos (Figura 24).

Do plantio até o 28º dia não foi observado diferença estatística entre as frequências de irrigações, quando as mudas receberam irrigação apenas plantio, houve o melhor aproveitamento de água. É provável que essa eficiência, neste caso, esteja ligada à menor taxa de transpiração pelas plantas. A partir desse período houve uma queda e as mudas que receberam irrigação a cada 4 e 8 dias passaram a ser mais eficientes.

Figura 24 - Eficiência no uso da água (WUE) em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Esses resultados corroboram com informações fornecidas por Heckenberger et al. (1998) ao observarem que as plantas de mamona (*Ricinus communis*) submetidas a

deficiência hídrica sofreram redução nos valores de condutância estomática em decorrência de uma elevação na densidade de estômatos naqueles tratamentos cultivados sob estresse hídrico.

Devido à diminuição da condutância estomática a atividade fotoquímica é restringida de tal forma que, ocorre a fotoinibição sob condições de acentuado déficit hídrico, tendo como consequência um fechamento quase que completo dos estômatos (FLEXAS et al., 2006).

O mecanismo do fechamento dos estômatos no intuito de restringir a perda de água por transpiração pode ser considerado uma estratégia adaptativa utilizada por diferentes espécies visando limitar a perda de água e para exceder a deficiência hídrica, conforme verificaram Naves et al. (2000) nas espécies *Rapanea guianensis* e *Roupala montana*, por Silva et al. (2003) em *Tabebuia* sp. e por Liberato et al. (2006) ao analisarem o desempenho fisiológico de plantas jovens de *Minquartia guianensis* também submetidas a deficiência hídrica.

Estômatos abertos possibilitam a absorção de gás carbônico e ao se fecharem, poupam água e restringem o risco de desidratação. À medida que diminui a disponibilidade de água no solo, a condutância estomática é reduzida, restringindo a taxa de transpiração como resposta ao fechamento dos estômatos. Tal comportamento constitui um dos importantes mecanismos de defesa que as plantas apresentam contra as perdas excessivas de água, bem como compõe uma das estratégias adaptativas diante da imposição do déficit hídrico (INOUE; MARTINS, 2006).

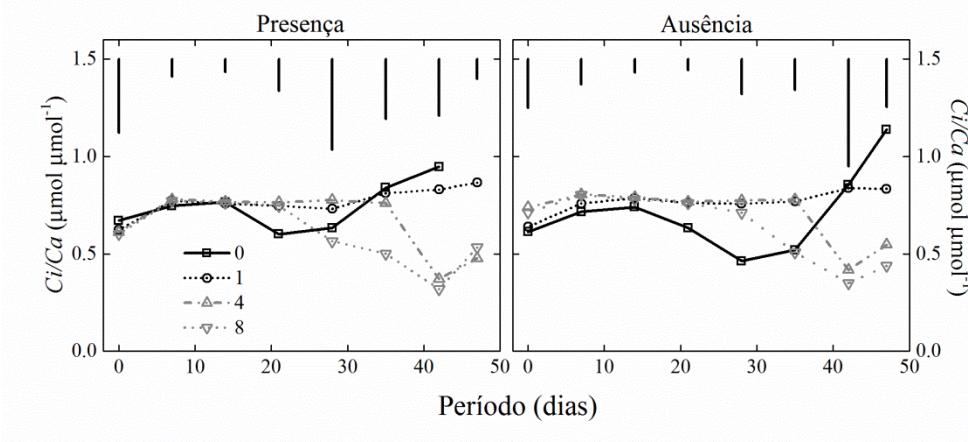
5.3.6.4 Relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO₂ (Ci/Ca)

No que diz respeito a variável relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO₂ (Ci/Ca), nota-se que no geral houve diferença apenas entre as maiores frequências e as menores de irrigação. Tanto na presença de hidrogel quanto na ausência os valores aumentaram em decorrência do déficit hídrico, principalmente quando a irrigação foi realizada apenas no plantio. Nesta frequência de irrigação, na presença de hidrogel durante 14 a 28 dias e na ausência durante 14 a 35 dias, houve uma queda na relação ci/ca. Estes valores justificam-se devido ao fechamento estomático, que de forma geral reduziu a troca de gases entre o ambiente e o interior da folha, mas ainda assim houve a assimilação de CO₂ pelas enzimas.

A partir do 35º dia houve um aumento que se referiu a um dano no aparato fotossintético devido ao déficit hídrico e consequentemente as enzimas, principalmente a

rubisco param de assimilar CO₂. Mostrando com isso que a limitação de A deixou de ser somente estomática e passou a ser também bioquímica (Figura 25).

Figura 25 - Relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO₂ (C_i/C_a) em mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

5.3.7 Considerações Finais

- Verificou-se que mudas de *Eucalyptus urograndis* de origem seminal apresenta pouca tolerância ao déficit hídrico.
- No geral, para a sintomatologia visual o polímero hidroretentor não exerceu influencia positiva, pois quando não se fez uso do mesmo houve um aumento nos dias em que as mudas permaneceram vivas.
- A presença do hidrogel quando irrigado apenas no plantio não correspondeu positivamente ao incremento em diâmetro e em altura.
- A adição do polímero proporcionou melhoria na biomassa seca, área foliar e o índice de clorofila.
- O efeito do hidrogel no substrato influenciou positivamente no armazenamento e disponibilização de água a planta no solo, principalmente quando as irrigações ocorrem com mais frequência.
- As trocas gasosas foram afetadas pela disponibilidade de água, pois variaram em função da frequência de irrigação, independente da presença ou ausência do hidrogel. O déficit hídrico foi um fator limitante para a abertura estomática e contribuiu para a queda na assimilação de

carbono pela fotossíntese, pois quanto menor a disponibilidade de água, menor os valores de A , gs e E . Já, o WUE aumentou quando diminuiu a disponibilidade de água.

*5.4 *Eucalyptus dunnii* Maiden.*

5.4.1 Sintomatologia

A análise de variância dos dados medidos no 56º dia após transferência para os vasos revelou que houve interação ($p<0,05$) entre o uso de hidrogel e as frequências de irrigação para todas as variáveis avaliadas. Os resultados mostraram que o hidrogel exerceu influência no aparecimento de sintomas de déficit hídrico.

Na avaliação de plantas sem sintomas, com a presença do hidrogel as mudas de *Eucalyptus* permaneceram mais dias sem apresentar estresse hídrico, retardando em média 2 dias o aparecimento de sintomas (Tabela 12). O uso de irrigação apresentou efeito esperado, sendo que em maior frequência (irrigação apenas no plantio) houve um atraso de aparecimento de sintomas. A frequência de irrigação de quatro dias elevou o tempo para o aparecimento dessa classe de estresse comparando com a irrigação somente no plantio. A irrigação somente no plantio provocou um rápido aparecimento de estresse. Por outro lado, deve-se novamente ressaltar que o plantio foi realizado em vasos, com solo e condições específicas, servindo somente como indicativo do comportamento do uso do hidrogel e diferentes manejos de irrigação em condições do plantio a campo.

Da mesma forma, Lopes et al. (2010) avaliando o uso de hidrogel na sobrevivência de mudas clonais de *Eucalyptus urograndis*, após o plantio em solo argiloso, mostraram que o polímero possibilitou que as plantas permanecessem vivas sem sintomas de falta de água por até 20 dias, cerca de até 7 dias a mais do que quando o produto não foi adicionado nas covas de plantio.

Para o SLM as mudas apresentaram esses sintomas de déficit hídrico em um menor período quando não se fez o uso do hidrogel. Estas diferenças foram mais acentuadas em plantas irrigadas somente no plantio e em intervalos de irrigação maior. No caso de uma irrigação somente de plantio com o uso do hidrogel, houve um ganho superior a três dias. Este efeito benéfico do hidrogel, retardando o aparecimento dos sintomas de estresse hídrico é também verificado na frequência de irrigação de quatro dias, com um ganho de quatro dias sem sintomas fazendo-se o uso do hidrogel. O uso do hidrogel não apresentou diferença quando foram feitas irrigações diariamente e a cada 8 dias.

Tabela 11 - Média dos resultados de duração dos sintomas de estresse hídrico nas plantas, em dias, avaliado a partir do plantio até o 56º dia após o plantio de *Eucalyptus dunnii* em vasos, em função da presença ou ausência de hidrogel e diferentes frequências de irrigação.

Variável	Hidrogel	Aparecimento dos sintomas de estresse (dias)				Médias	
		Frequência de Irrigação					
		Plantio (0)	8 dias	4 dias	Diária (1)		
SEM** CV% ¹ 2,64	Presença	20,2Da*	52,7Ca	54,5Ba	56,0Aa	45,8	
	Ausência	17,8Db	52,7Ba	50,6Cb	56,0Aa	44,3	
	Média	19,1	52,7	52,1	56,0		
SLM CV% 4,04	Presença	28,6Ba	52,7Ca	54,5Ba	56,0Aa	47,9	
	Ausência	25,0Bb	52,7Ba	50,6Cb	56,0Aa	46,8	
	Média	26,8	52,75	52,5	56,0		
SMM CV% 3,32	Presença	39,5Ba	56,0Aa	56,0Aa	56,0Aa	51,9	
	Ausência	36,6Bb	56,0Aa	56,0Aa	56,0Aa	51,1	
	Média	38,0	56,0	56,0	56,0		
SSM CV% 3,93	Presença	43,7Ba	56,0Aa	56,0Aa	56,0Aa	52,9	
	Ausência	41,1Bb	56,0Aa	56,0Aa	56,0Aa	52,2	
	Média	42,4	56,0	56,0	56,0		
NPV CV% 3,93	Presença	43,7Ba	56,0 Aa	56,0 Aa	56,0 Aa	52,9	
	Ausência	41,2Bb	56,0 Aa	56,0 Aa	56,0 Aa	52,2	
	Média	42,4	56,0	56,0	56,0		

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. ** SEM – sem sintomas de murcha; SLM - sintomas leves de murcha; SMM - sintomas moderados de murcha; SSM - sintomas severos de murcha e NPV- número de dias que a planta permaneceu viva. ¹CV%: coeficiente de variação.

Estes resultados, foram semelhantes aos de Navroski et al. (2014), em que a utilização deste polímero em *Eucalyptus dunnii* também respondeu positivamente a escassez de água no solo, possibilitando o retardamento dos sintomas de déficit hídrico, onde a maior influência ocorreu quando a irrigação foi efetuada em menor frequência.

É importante destacar que na implantação de florestas de *Eucalyptus*, normalmente, observa-se que o período mais crítico quanto à perda de mudas por falta de água é nos primeiros 20 dias após o plantio, período em que a planta está se estabelecendo e, com um

sistema radicular ainda em formação (FERNÁNDEZ *et al.*, 2010). Na implantação de um plantio a campo, pode-se supor que nos casos em que a irrigação é efetuada frequentemente, ou nos casos em que a frequência de chuvas é maior, o uso do polímero poderia ser descartado (NAVROSKI *et al.*, 2015). Contudo, em condições com menor frequência de chuva, ou fazendo-se irrigações mais espaçadas, o uso do polímero pode ser recomendado.

Corraborando com esses resultados, Saad *et al.* (2009), relatam que sob o ponto de vista prático, os cinco dias a mais (observados pelos autores) garantidos pelo hidrogel em um solo arenoso possibilitam o retardamento de uma nova irrigação e ganhos econômicos, uma vez que se poderia aguardar por chuvas nesse período, pois neste ponto de estresse as plantas tem total condição de se recuperarem, diante da ocorrência de chuva.

Não foram observados SMM e SSM quando se realizou a irrigação. Quanto ao número de dias que as plantas permaneceram vivas, o uso do hidrogel apresentou diferença somente no uso da irrigação de plantio, obtendo-se um aumento de aproximadamente dois dias em que as plantas permaneceram vivas, fazendo-se o uso do hidrogel. Isto pode indicar que o uso do hidrogel é benéfico no retardamento da mortalidade das mudas quando não se faz o uso de irrigações, ou se faz somente no plantio.

O aumento de dias em que as plantas permaneceram vivas com o uso de hidrogel também foi observado por Lopes *et al.* (2010) em estudo com *Eucalyptus urograndis*, durante o período de verão. Segundo os autores com o uso do hidrogel as plantas permaneceram vivas em média por 34,7 dias comparando com 26,2 dias na ausência do mesmo. Os autores destacam ainda que o uso do hidrogel pode reduzir o número de replantios, ocasionando dessa forma povoamentos mais homogêneos. Neste sentido, Thomas (2008) cita que o hidrogel melhora a sobrevivência das mudas, pois permite que as raízes das plantas cresçam por dentro dos grânulos do polímero hidratado, com maior superfície de contato entre raízes, água e nutrientes.

O uso de hidrogel com o objetivo de aumentar a sobrevivência de mudas de eucalipto também foi pesquisada por Ribeiro *et al.* (2010), os quais avaliaram a resistência de quatro espécies de eucalipto em nível de viveiro, (*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus viminalis*) submetidas ao regime de déficit hídrico com adição de gel hidroretentor. *Eucalyptus dunnii* apresentou índices superiores às demais espécies citadas, apresentando média de 31,2 dias de sobrevivência com adição de hidrogel e 29,5 dias sem a adição de hidrogel.

5.4.2 Incremento em diâmetro do colo (ID) e altura (IH)

Em relação às características de altura de plantas e diâmetro de colo os resultados mostraram que ambos os incrementos foram afetados pelas frequências hídricas (Tabela 13) aplicadas e o uso de hidrogel, havendo interação entre os fatores ($p=0,0001$).

Tabela 12 - Resultados das médias do incremento em diâmetro (ID) e incremento em altura (IH) em função da presença (3 g L^{-1}) e ausência (0 g L^{-1}) do hidrogel e as frequências de irrigação plantas de *Eucalyptus dunnii*.

Hidrogel		Frequência de irrigação				Média
		Plantio (0)	8 dias	4 dias	Diária (1)	
ID (mm)	Presença	0,88Da*	1,01Ca	2,95Ba	4,02Aa	2,21
	Ausência	0,83Ba	0,76Ba	2,30Aa	2,59Ab	1,62
	Média	0,85	0,88	2,62	3,30	
IH (cm)	Presença	5,12Ba	13,2Ba	22,8Aa	24,10Aa	16,30
	Ausência	4,47Ca	13,0Ca	22,0Aa	23,07Aa	15,35
	Média	4,79	13,1	22,4	23,50	

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. ID- incremento em diâmetro e IH- incremento em altura.

O incremento em diâmetro (ID) das mudas de *Eucalyptus dunnii* foi influenciado pelo uso do polímero hidroretentor somente na irrigação diária. O uso de irrigação apresentou efeito esperado, quanto mais frequente as irrigações, maior o incremento, que foi atingido quando a irrigação ocorreu todos os dias, diferindo estatisticamente das demais frequências. Plantas submetidas à deficiência hídrica, ou seja, quando a irrigação ocorreu apenas no plantio e a cada 8 dias, apresentaram os menores valores desta variável.

Corroborando com esses resultados, Navroski et al. (2014), relata que o diâmetro do coleto de mudas de *Eucalyptus dunnii*, foi maior na presença do hidrogel, e utilizando-se 57,7% da dose da adubação e que na ausência do hidrogel, o diâmetro do coleto foi aumentando com a dosagem, sendo observado o maior diâmetro com o uso de 124,5% da adubação.

Segundo Schmidt-Wogt (1984), o diâmetro do colo possui estreita correlação não somente com a sobrevivência, mas, sobretudo, com o ritmo de crescimento das mudas após o

plantio. O diâmetro do colo é, dentre as variáveis de mais fácil mensuração, a mais promissora para indicar a qualidade das mudas (BINOTTO et al., 2010).

O incremento em altura (IH) apresentou comportamento similar ao diâmetro. Não foi verificado diferença estatística entre os tratamentos, porém o maior IH foi obtido na presença do hidrogel. A presença do hidrogel possibilitou um ganho considerável de altura em relação à sua ausência, principalmente quando a irrigação ocorria de forma mais frequente. O maior IH das mudas foi obtido quando a irrigação ocorreu diariamente, não diferindo estatisticamente da irrigação a cada 4 dias. Da mesma forma que o diâmetro, quando submetidas ao déficit hídrico, apresentou o menor incremento.

Assim, estes resultados comprovam a grande importância da água para as culturas, que conforme Kerbauy, (2009) de todos os recursos de que as plantas necessitam para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, com frequência, o mais limitante. Neste sentido a prática de irrigação reflete o fato de que a água é um recurso-chave que limita a produtividade dos plantios florestais.

De acordo com Cairo (1995), a primeira consequência fisiológica para as plantas submetidas a estresse hídrico é a redução ou a interrupção dos ritmos de crescimento, devido à redução na diferenciação celular, influenciada pela restrição hídrica imposta pelo tratamento adotado (SILVA; NOGUEIRA, 2003).

Os resultados de incremento em altura e diâmetro demonstram a viabilidade do emprego de hidrogel, mostrando que o seu uso torna-se interessante e está de acordo com informações de literatura, que apontam diferenças na disponibilidade de água em solos distintos que receberam adição de polímero, podendo-se afirmar que a presença do mesmo no substrato permite ampliar os intervalos entre irrigações, sem comprometer o crescimento das mudas por déficit de água.

5.4.3 Biomassa seca

Em relação a biomassa produzida pelas mudas de *Eucalyptus dunnii*, aos 56 dias após o plantio, os resultados obtidos para as variáveis analisadas, como biomassa seca da raiz e biomassa seca do caule, demonstraram não haver interação entre o uso de hidrogel e as frequências de irrigação ($p=0,8$ biomassa da raiz e $p=0,06$ biomassa do caule). Entretanto, houve efeito significativo para os fatores de forma isolada.

Para o fator hidrogel, diferenças estatísticas foram observadas tanto para a biomassa seca do caule como para a biomassa seca da raiz. Na biomassa do caule, os tratamentos com a

presença do hidrogel apresentaram em média 3,05 gramas em relação a 2,13 gramas na ausência. A biomassa seca da raiz seguiu um comportamento semelhante ao do caule, com 3,08 gramas na presença do polímero, comparado a 2,39 gramas quando não se fez uso do mesmo.

Quanto aos efeitos do hidrogel nas frequências de irrigação, foi observado que para a biomassa seca da raiz, as mudas que receberam irrigação todos os dias, apresentaram maiores médias, diferindo dos demais tratamentos, onde os valores foram decrescendo conforme diminuiu a frequência de irrigação. Os resultados de biomassa do caule apresentaram comportamento semelhante ao da raiz, quanto maior a frequência de irrigação, maior a produção de biomassa das mudas (Tabela 14).

Tabela 13 - Médias da biomassa seca da raiz e do caule, em gramas por planta (g/pl) em função da frequência de irrigação em mudas de *Eucalyptus dunni*.

		Frequência de irrigação				
		Plantio (0)	8 dias	4 dias	Diária (1)	Média
Raiz (g)	1,47c*		2,50c	3,58b	4,78a	3,08
	1,02b		1,59b	3,14a	3,82b	2,39
Caule (g)	1,98c		1,86c	3,52b	4,82a	3,04
	0,88b		1,44b	3,09a	3,09a	2,11

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Medias seguidas de letras semelhantes não diferem estatisticamente a 5 % pelo teste Scott-Knott.

Corroborando com os resultados deste estudo, Huttermann et al., (1997), estudando o sistema radicular das plantas de *Pinus halepensis*, verificaram que as mudas plantadas com hidrogel no solo de cultivo apresentaram maior quantidade de raízes adventícias e com mais ramificações em comparação ao sistema radicular das mudas plantadas com a ausência do polímero.

É importante ressaltar que a maior quantidade de raízes pode ajudar as mudas no período de transplante a campo. Thomas (2008) explicou que o hidrogel melhora a sobrevivência das mudas, pois permite que as raízes das plantas cresçam por dentro dos grânulos do polímero hidratado, com maior superfície de contato entre raízes, água e nutrientes. O volume de solo explorado e o contato íntimo entre a superfície das raízes e o solo são essenciais para a absorção efetiva da água pelas raízes. Além disso, o déficit hídrico estimula a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do perfil do solo.

O estudo de Ball et al. (1994) demonstram que o maior desenvolvimento das raízes ocorre nas camadas de solo, cuja disponibilidade de água foi maior. A expansão das raízes no campo foi mais afetada pelo déficit hídrico que a expansão das folhas e as raízes pequenas foram mais sensíveis ao déficit hídrico que as raízes médias e grandes. O desenvolvimento do sistema radicular nas camadas mais profundas do perfil possibilita, às plantas, explorar melhor a umidade e a fertilidade do solo, dependendo das características morfológicas e genotípicas da planta (GOLDMANN et al., 1989).

Da mesma forma, o estresse hídrico também afetou, de forma significativa, a produção de biomassa seca das folhas, demonstrando interação significativa entre o uso do hidrogel e as frequências de irrigação ($p=0,01$). Conforme foi diminuindo a disponibilidade hídrica foi diminuindo os valores de biomassa foliar. Os maiores valores para esta variável foi observada na presença do polímero, quando a irrigação ocorreu diariamente (Tabela 15).

Tabela 14 - Biomassa seca da folha em mudas de *Eucalyptus dunnii*, em gramas por planta (g/pl) em função da presença ou ausência de hidrogel em diferentes frequências de irrigação.

Hidrogel		Frequência de irrigação				
		Plantio (0)	8 dias	4 dias	Diária (1)	Média
ID (mm)	Presença	0,88Da*	1,01Ca	2,95Ba	4,02Aa	2,21
	Ausência	0,83Ba	0,76Ba	2,30Aa	2,59Ab	1,62
	Média	0,85	0,88	2,62	3,30	
IH (cm)	Presença	5,12Ba	13,2Ba	22,8Aa	24,10Aa	16,30
	Ausência	4,47Ca	13,0Ca	22,0Aa	23,0Aa	15,35
	Média	4,79	13,1	22,4	23,50	

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

O estresse hídrico promoveu as maiores reduções na biomassa seca e na área foliar das plantas de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis* em estudos de Silva et al. (1999). Esse comportamento tem sido relatado, para diversas espécies de *Eucalyptus* spp. por Myers; Landsberg (1989) e Stoneman et al. (1994).

Neste sentido, o comportamento benéfico do uso do hidrogel observado nessas variáveis, também é comentado por Azevedo et al. (2002), em que os autores mencionam que a presença de hidrogel no solo otimiza a disponibilidade de água, reduz as perdas por

percolação e lixiviação de nutrientes e melhora a aeração e drenagem do solo, acelerando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas.

A produção de biomassa da parte aérea e do sistema radicular está fortemente relacionada entre si (HENDRICK; PREGITZER, 1996), e ambos influenciados pela capacidade produtiva do sítio e condições climáticas (FERREIRA, 1984; REIS et al., 1985; WANG; FANG; ZHU, 2008). Em condições de estresse ambiental, para suprir suas necessidades, as plantas tendem a alocar maior quantidade de biomassa nas raízes comparadamente aos demais compartimentos das árvores, pois a área de contato das raízes com o substrato é diretamente proporcional à quantidade de água e nutrientes absorvidos pela árvore (FLOSS, 2004; GATTO et al., 2011).

Estes resultados comprovam a grande importância da água para as culturas, que conforme Kerbauy, (2009) de todos os recursos de que as plantas necessitam para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, com frequência, o mais limitante. Neste sentido a prática de irrigação reflete o fato de que a água é um recurso-chave que limita a produtividade dos plantios florestais.

5.4.4 Área Foliar

A área foliar das mudas de *Eucalyptus dunnii* 56 dias pós o plantio demonstrou haver interação entre o uso do hidrogel e as frequências de irrigação ($p<0,001$). O uso do hidrogel no solo de cultivo elevou significativamente os valores desta variável, principalmente quando a irrigação ocorreu diariamente (Tabela 16).

Tabela 15 - Médias da área foliar das mudas de *Eucalyptus dunnii*, em cm^2 em função da presença ou ausência de hidrogel em diferentes frequências de irrigação.

Frequência de irrigação					
Hidrogel	Plantio	8 dias	4 dias	Diária	Média
Presença	154,64Da*	265,70Ca	747,14Ba	1199,0Aa	591,62
Ausência	84,15 Cb	237,46Ba	636,08Ab	655,85Ab	403,38

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Percebe-se um comportamento semelhante ao da biomassa seca, variando em função da frequência de irrigação, quanto maior foi à disponibilidade de água, maior foi à área foliar. Assim, a área foliar, pode ser considerada um importante indicativo da produtividade da

planta, uma vez que a fotossíntese depende da interceptação da energia luminosa pelas folhas da planta.

Ellsworth et al. (1995); Van Volkenburgh (1999) afirmam que a área foliar apresenta um papel fundamental na determinação da quantidade de luz que a planta intercepta, na fixação de carbono, na perda de água, e até da produtividade do ecossistema. Larcher (2006) complementa que a área foliar está relacionada ao desenvolvimento foliar, podendo estar associada à redução no tamanho das folhas ou à menor produção delas, consequentemente a área de captação de luz, as reações fotossintéticas e as trocas gasosas são severamente influenciadas. Neste sentido, com uma maior área foliar, maior será a área fotossinteticamente ativa das plantas e por sua vez a assimilação de substâncias fotossintetizadas.

Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Cairo (1992) e Lovelock et al. (1998), onde estudando espécies florestais lenhosas afirmaram que a área foliar é extremamente afetada pela quantidade de água disponível no solo. Além disso, a diminuição na área foliar tem sido considerada um dos efeitos mais significativos da deficiência de nitrogênio (VOS; VAN DER PUTTEN, 1998), o que pode estar relacionado à redução na emissão de novas folhas e ao menor crescimento das folhas formadas, em função da redução do potencial de pressão celular (RADIN; BOYER, 1982), ao aumento provocado na rigidez da parede celular (PALMER et al., 1996) e/ou à redução da divisão celular (JOVANOVIC et al., 2004). É importante comentar que a manutenção da área foliar, induzida pelo suprimento adequado de nitrogênio, também é importante para promover maior interceptação da energia solar incidente e, por conseguinte, determinar maior assimilação de carbono, o qual pode contribuir, significativamente, para aumentar o acúmulo de matéria seca pelas plantas.

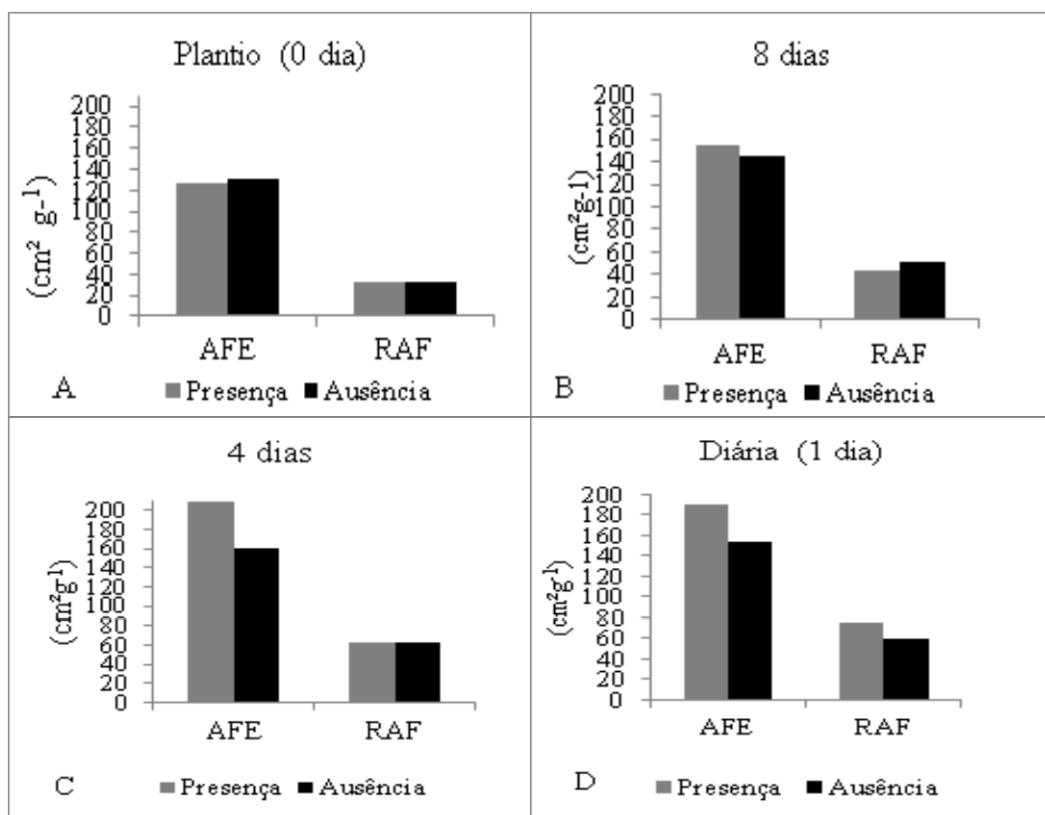
Lopes et al. (2007), trabalhando com diferentes manejos hídricos, verificaram que o aumento da área foliar e o desenvolvimento morfológico está associado à disponibilidade de água, isto decorrente do uso da água na fotossíntese para a produção de fotoassimilados.

Esta diferença na área foliar entre as diferenças freqüências é um reflexo da importância da disponibilidade hídrica para a produtividade das culturas, principalmente nos plantios florestais. Muitas características morfológicas das plantas são geneticamente determinadas, mas outras como o tamanho da folha, podem ser fortemente influenciadas condições do clima onde estão inseridas. É importante ressaltar que a avaliação cuidadosa da área foliar é sem dúvida fator que auxilia na tomada de decisão para se eleger a espécie mais produtiva (MAGALHÃES, 1979). Como já citado, o significado deste parâmetro resume-se na premissa que materiais mais produtivos, possuem uma maior facilidade em manter uma

área foliar por um maior período, possibilitando um melhor desempenho do aparato fotossintético.

Em relação à área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) verificou-se que independente do uso do hidrogel, os valores aumentaram em decorrência do aumento da frequência de irrigação, aumentando desta forma a área foliar útil para a fotossíntese (Figura 26).

Figura 26 - A - Valores de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) na ausência e presença de hidrogel somente no plantio. B- Valores de área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) na ausência e presença de hidrogel na frequência de 8 dias C- Valores de área foliar específica e razão de área foliar na ausência e presença de hidrogel todos os dias (diária). D- Valores de área foliar específica e razão de área foliar na ausência e presença de hidrogel a cada 4 dias.



Fonte: Elaborado pela própria autora, 2017

A presença de hidrogel no solo de cultivo, no geral refletiu maiores ganhos de AFE, em específico quando a irrigação ocorreu a cada 4 dias (Figura 26C), com uma média de $209 \text{ cm}^2 \text{g}^{-1}$. Exceto quando a irrigação ocorreu apenas no plantio, onde a melhor média foi observada quando não se fez uso do mesmo (Figura 26A). Para RAF, o hidrogel mostrou-se benéfico quando a irrigação ocorria diariamente.

Resultados semelhantes ao do presente estudo foram descritos por Liu e Stützel (2004) no qual verificaram reduções na área foliar específica de genótipos de Amaranáceas submetidas à suspensão de irrigação. Da mesma forma, Martins (2010), avaliando estes parâmetros em plantas jovens de *Azadirachta indica*, sob diferentes regimes hídricos, também verificou reduções na AFE e RAF, no entanto o autor afirma que as plantas jovens de nim-indiano não conseguem manter a produção de matéria seca quando tem sua área foliar reduzida. Silva et al. (2003) no estudo de quatro espécies da caatinga avaliadas sob déficit hídrico, concluíram que apenas *Prosopis juliflora*, reduziu a razão de área foliar junto com a área foliar, teve maior eficiência foliar ao manter a produção de matéria seca com menor área foliar.

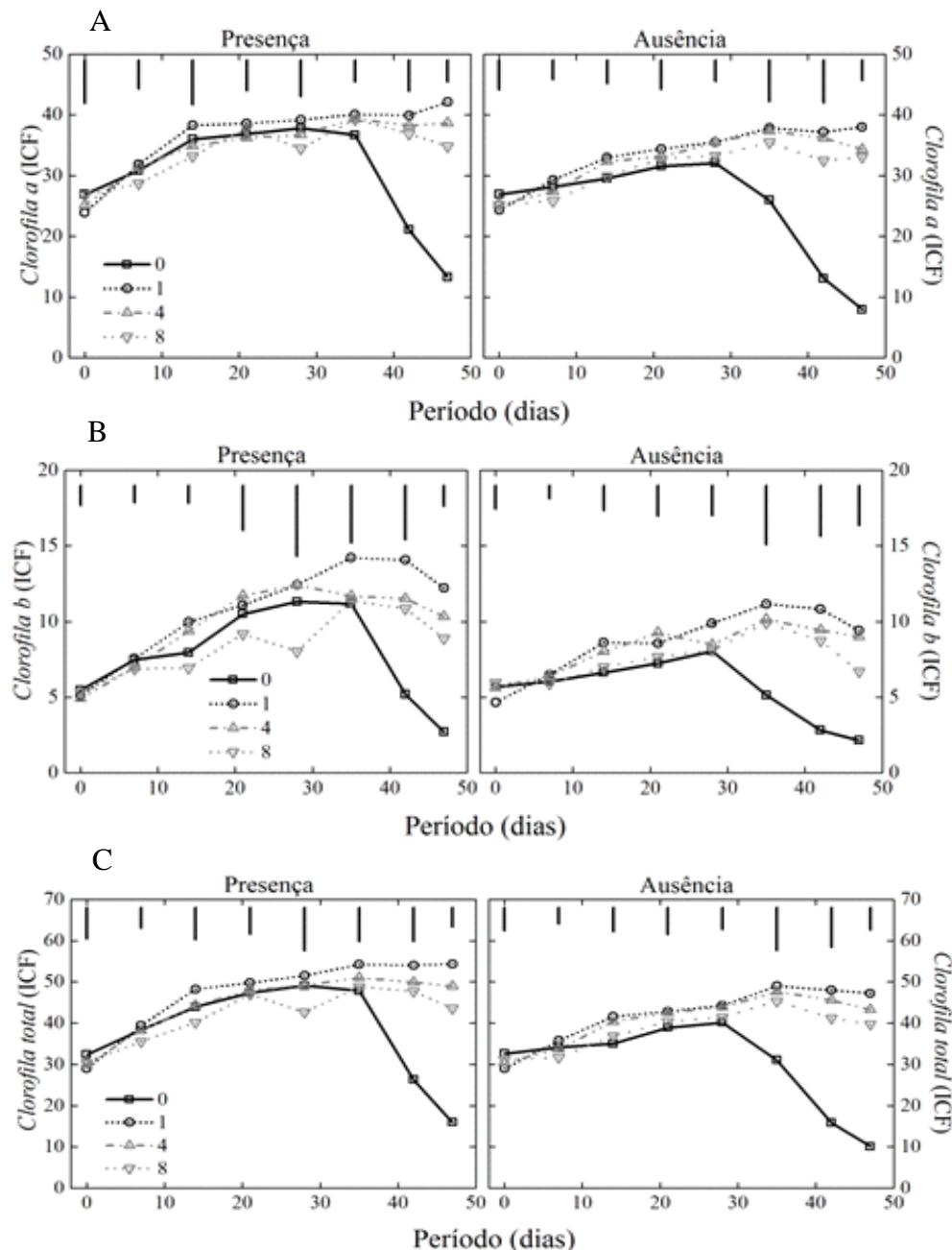
Estes parâmetros são relativamente sensíveis às mudanças ambientais, embora os incrementos na RAF sejam consequências do incremento da AFE, já que os valores da AFE são mais sensíveis às alterações da irradiância, pois é uma medida estratégica da alocação da biomassa que reflete a área disponível para a captura de luz por unidade de fotoassimilados investidos nas folhas (MARAÑON; GRUBB 1993).

5.4.6 Índice de Clorofila

Os índices foliares de clorofilas *a*, *b* e *total* em mudas de *Eucalyptus dunnii* apresentaram maiores valores das leituras SPAD, expressos em ICF (Índice de Clorofila), nos tratamentos com a presença do hidrogel, mostrando assim, que com o uso do polímero a quantidade de nutrientes disponibilizados, mais em específico o nitrogênio, permitiu maior quantidade desses pigmentos fotossintetizantes. Observou-se um aumento do ICF à medida que se aumenta a frequência de irrigação aplicada, com um decréscimo mais rápido nas menores frequências (Figura 27).

Neste sentido, o solo apresentando maior disponibilidade de água reflete na taxa de mineralização da matéria orgânica, a qual aumenta em relação ao solo com umidade menor, disponibilizando assim uma maior quantidade de nitrogênio para planta. Estes resultados podem ser explicados devido ao solo com maior retenção de água apresentar maior quantidade de nitrogênio na forma de nitrato na solução do solo sendo que este é absorvido mais facilmente por fluxo de massa (FELIPPE et al., 2016).

Figura 27- Teores de clorofila em mudas de *Eucalyptus dunnii* em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. A- clorofila a; B- clorofila b; C- clorofila total.



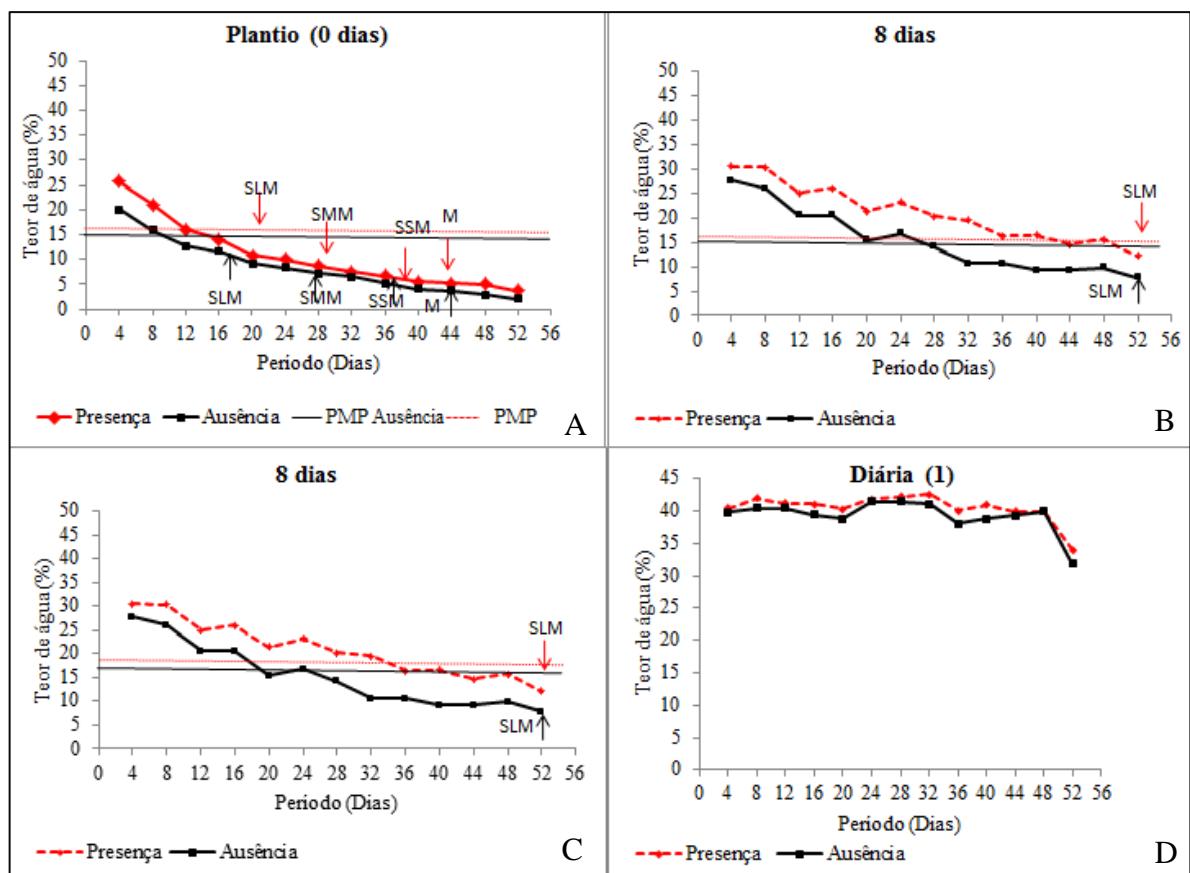
Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

5.4.7 Teor de Água no Solo

Considerando o teor de água no solo, identificaram-se variações no armazenamento de água no solo entre a presença e ausência do polímero, ou seja, os valores variaram de acordo com a frequência de irrigação. De forma geral, as maiores perdas de água foram encontradas

para os tratamentos que não fizeram uso do hidrogel no solo de cultivo, assim, a quantidade de água no solo aumentou quando se fez o uso do polímero apresentando maiores valores quando comparado com a ausência do mesmo, o que pode estar ligado à presença do hidrogel como condicionante da umidade no solo (Figura 28).

Figura 28 - Teor de água no solo e sintomatologia visual em mudas de *Eucalyptus dunnii* em função da presença ou ausência de hidrogel. A- Irrigação somente no plantio; B- Irrigação a cada 8 dias; C- Irrigação a cada 4 dias e D- Irrigação diária. Onde SLM: Sintomas leves de murcha, SMM: Sintomas moderados de murcha. SSM: Sintomas severos de murcha, M: Planta morta e PMP: Ponto de murcha permanente.



Fonte: Elaborada pela própria autora, 2017.

Segundo Balena (1998), com a adição de polímero agrícola no solo a umidade aumentou progressivamente chegando a duplicar a capacidade de armazenamento de água para a concentração de 32 kg.m^{-3} do solo argiloso o que mostra a grande capacidade do polímero em reter e conservar água no solo por períodos apreciáveis de evaporação.

Analizando individualmente o teor de água no solo na presença e na ausência do hidrogel fica evidente que os diferentes níveis de umidade do solo afetaram significantemente todas as variáveis de sintomatologia visual observadas durante o período experimental.

Independente da condição de solo em que as mudas foram submetidas, o início dos sintomas ocorreu quando a umidade volumétrica do solo ultrapassou os valores dos PMPs.

Quando a irrigação ocorreu apenas no plantio, na presença do hidrogel promoveu um atraso nos sintomas visuais de déficit hídrico avaliados. Os sintomas leves de murcha (SLM) apareceram aproximadamente aos 20 dias após o plantio, quando o teor de água no solo chegou a 10,86 %. Quando comparado à ausência do mesmo, esse sintoma apareceu três dias antes com 11,66% de umidade. O aparecimento dos sintomas moderados de murcha (SMM), na presença de hidrogel ocorreu aos 28 dias após o plantio quando o teor de água foi de 8,76 % e na ausência do mesmo aos 25 dias após o plantio com uma umidade de 8 %.

Considerando os sintomas severos de murcha (SSM), observou-se que da mesma forma que os demais sintomas avaliados, na presença de hidrogel houve um retardamento de aproximadamente três dias no aparecimento destes sintomas, ocorrendo quando o teor de água chegou a 6,2 %, aos 39 dias após o plantio, sendo que na ausência esse sintoma ocorreu aproximadamente aos 36 dias e um teor de umidade de 5,52 %. Quando se fez uso do polímero hidroretentor, constatou-se que a morte das mudas (M) ocorreu aproximadamente aos 44 dias após o plantio quando o teor de água no solo atingiu 5 %. Já a não utilização do mesmo, esses sintomas foram observados aos 41 dias com 4,5% de umidade.

O fato das plantas sobreviverem abaixo do PMP é explicado por Taiz; Zeiger (2014), onde mencionam que plantas somente sobrevivem abaixo deste devido seu ajuste osmótico, que se desenvolve lentamente em resposta à desidratação do tecido causado pelo déficit hídrico. As folhas que são capazes de realizar esse ajuste podem manter o turgor sob potenciais hídricos mais baixos.

À medida que o solo seca, torna-se mais difícil às plantas absorverem água, porque aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no solo às plantas (BERGAMASCHI, 1992). De acordo com Ludlow; Muchow (1990) a redução no conteúdo de água no solo causa significativa variação na distribuição e desenvolvimento radicular, podendo mudar o período de disponibilidade e a quantidade de água disponível para as plantas. Desta forma, nem toda a água que o solo armazena é disponível às plantas (CARLESSO, 1995).

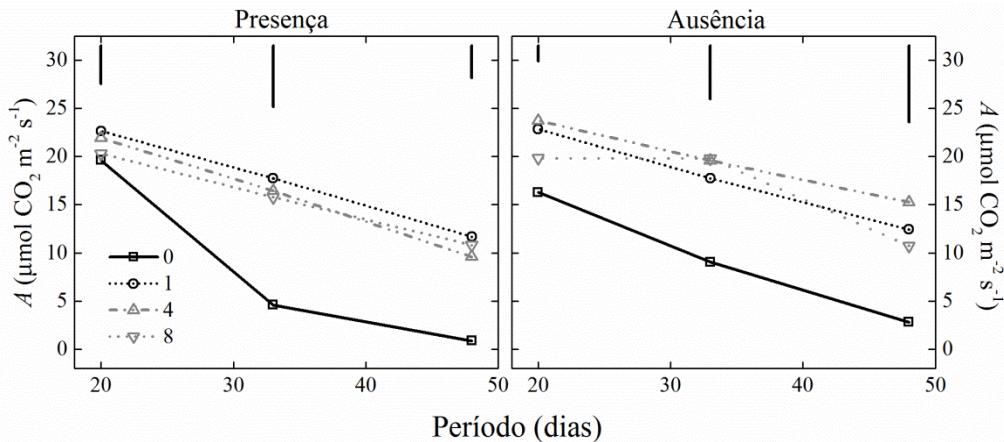
5.4.8 Trocas Gasosas

5.4.8.1 Taxa Fotossintética (A)

Analizando a eficiência do hidrogel em relação às frequências de irrigação na ausência ou na presença deste polímero no solo de cultivo pode-se observar efeito direto na taxa fotossintética desta espécie (Figura 29).

A taxa fotossintética declinou de forma rápida para todas as frequências de irrigação logo após a implantação do experimento até o final, principalmente quando a irrigação ocorreu somente no plantio. Na presença do polímero, a maior taxa fotossintética foi observada quando a irrigação ocorreu diariamente, já na ausência o melhor desempenho fotossintético ocorreu na frequência de 4 dias.

Figura 29 - Taxa fotossintética (A) em mudas de *Eucalyptus dunnii* em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Da mesma forma, Otto et al. (2014), com a finalidade de avaliar a fotossíntese e a produtividade de *Eucalyptus sp.* instalaram dois experimentos, um em área úmida, e outro em área seca. Os autores observaram que na área seca o déficit hídrico foi um fator limitante para a abertura estomática, o que contribuiu para a queda na assimilação de carbono pela fotossíntese. Ao contrário da área úmida, que além de apresentar controle estomático, em função do déficit de pressão de vapor, apresentou maiores valores das taxas fotossintéticas e produtividade.

Os efeitos do hidrogel na fisiologia de espécies lenhosas apresentam controvérsias. Enquanto Apostol et al. (2009) reportaram inexistir efeitos benéficos no crescimento e nas trocas gasosas em mudas submetidas ao estresse hídrico, Arbona et al. (2005) concluíram que a presença do hidrogel contribuiu não só para a sobrevivência como resultou em maior crescimento e fotossíntese em plantas cítricas.

O processo fotossintético, segundo Floss (2011), está na dependência de fatores externos, ou seja, do ambiente e fatores internos (genéticos e fisiológicos), que atuam concomitantemente, estando à velocidade do processo na dependência do fator mais deficiente.

Neste estudo, além do fator água influenciar na fotossíntese, acredita-se que este declínio também pode ser em função da luz, devido às condições climáticas presentes durante o período experimental. Também pela questão nutricional, mais específica à redução da absorção do nitrogênio. Outra influência foi em função do oídio, onde este fungo se desenvolveu nesta espécie, com mais severidade nos tratamentos irrigados todos os dias. A maior severidade foi observada aproximadamente aos 35° após o plantio, sendo observadas colônias esbranquiçadas de aspecto pulverulento sobre a superfície das partes folhas podendo ser este outro fator a ter contribuído para a diminuição da eficiência fotossintética de folhas infectadas.

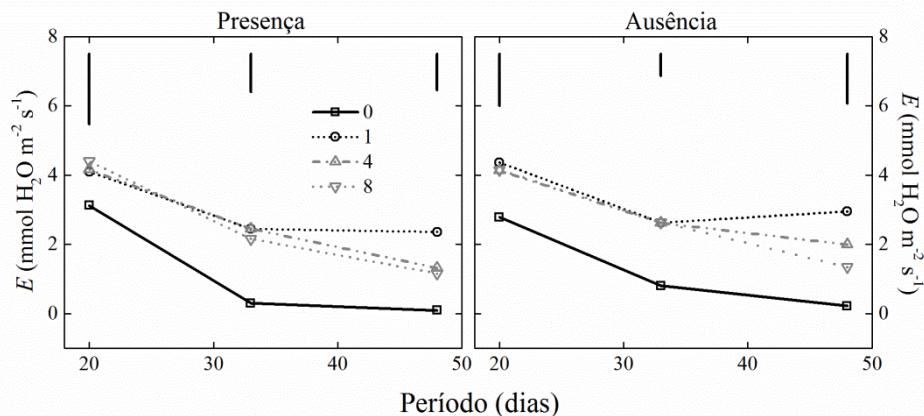
O principal efeito visível de patógenos causadores de manchas foliares é a redução da área foliar sadia e fotossintetizante, reduzindo a radiação solar interceptada e a eficiência no uso da radiação (FERREIRA FILHO, 2012).

5.4.8.2 Transpiração (E)

Verificou-se que a taxa transpiratória variou em função da frequência de irrigação, independente da presença ou ausência do hidrogel, apresentando diferença estatística entre as menores frequências e as maiores. Quanto maior a disponibilidade de água, maior foi à taxa transpiratória. Plantas cultivadas com a ausência do polímero hidroretentor, no geral transpiraram mais do que quando se fez uso do hidrogel no solo de cultivo (Figura 30).

Em condições de déficit de água no solo, as plantas apresentaram controle estomático bastante eficiente, pois a menor taxa transpiratória foi observada quando a irrigação ocorreu apenas no plantio, seguido da irrigação a cada 8 dias. Contudo, a redução da abertura estomática pode limitar a taxa de difusão de CO₂ para o interior da folha, com efeitos diretos sobre a fotossíntese e o crescimento (ALVES, 2002; EL-SHARKAWY, 2007).

Figura 30 - Transpiração (E) em mudas de *Eucalyptus dunnii* em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Da mesma forma que a fotossíntese, a taxa transpiratória declinou de forma rápida para todas as frequências de irrigação logo após a implantação do experimento até aproximadamente o 32º dia a partir deste manteve-se sem redução até o final.

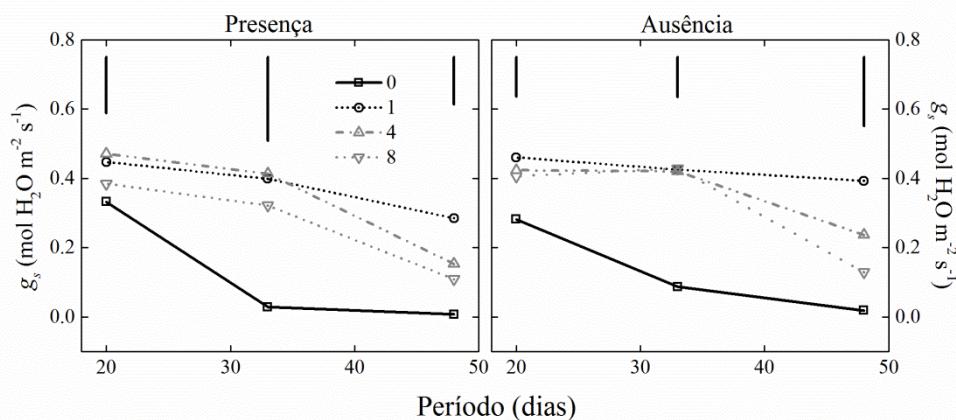
Alguns autores como Silva et al. (2004); Pereira et al. (2006); O'grady et al. (2008); Tonello; Teixeira Filho (2013), constataram que o manejo com déficit hídrico contribui para a redução da transpiração de *Eucalyptus sp.* em comparação aos manejos irrigados. Tatagiba et al. (2007), que apontaram que a taxa transpiratória de clones de *Eucalyptus sp.* na época chuvosa transpirou mais em relação a época seca. Os autores comentam que esse fato pode ser devido a ocorrência do excedente hídrico, disponibilizando considerável quantidade de água no solo na época chuvosa, enquanto na época seca não havia disponibilidade suficiente de água no solo para os clones manterem altas taxas de transpiração.

5.4.8.3 Condutância estomática (g_s)

Em relação à condutância estomática das mudas de *Eucalyptus dunnii*, observou-se que à medida que a disponibilidade de água foi diminuindo, também foi diminuindo a condutância estomática (Figura 31). Estratégia essa para reduzir a perda d'água e consequentemente, queda na capacidade dos estômatos permitirem as trocas gasosas entre a planta e o ambiente. Pois, segundo Taiz; Zeiger, (2014), mantendo os estômatos fechados sob condição de seca as plantas evitam a desidratação.

Independente da presença ou ausência do polímero, os maiores valores de condutância estomática foram verificados nas frequências de 1, 4 e 8 dias, sendo que na ausência apresentou as melhores médias.

Figura 31 - Condutância estomática (g_s) em mudas de *Eucalyptus dunnii* em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Resultados semelhantes a este foram encontrados por Tatagiba et al. (2008) em mudas de *Eucalyptus* sp. em que à medida que o déficit hídrico foi imposto, também ocorreu redução na condutância estomática. Os autores também comentam sobre a interação da deficiência hídrica com outros fatores do ambiente, como altas intensidades luminosas, déficit de pressão de vapor, temperaturas elevadas e baixas umidades do ar podem, também, contribuir para o fechamento parcial dos estômatos.

A redução da disponibilidade hídrica no solo reduz a condutância estomática com implicações diretas na transpiração, fotossíntese e temperatura das folhas, causando prejuízos e, muitas vezes, o colapso na produção em caso de secas severas (MENDES et al., 2007; SANTOS et al., 2009; PEIXOTO, 2011). Gholz et al. (1990) também cita que a disponibilidade hídrica controla a abertura estomática, afetando o crescimento das plantas e, consequentemente, a produção de biomassa. A falta de água no solo reduz o potencial hídrico das folhas, diminuindo a turgidez de suas células, causando redução da condutância estomática e promovendo o fechamento parcial ou total dos estômatos. Com os estômatos fechados, não há

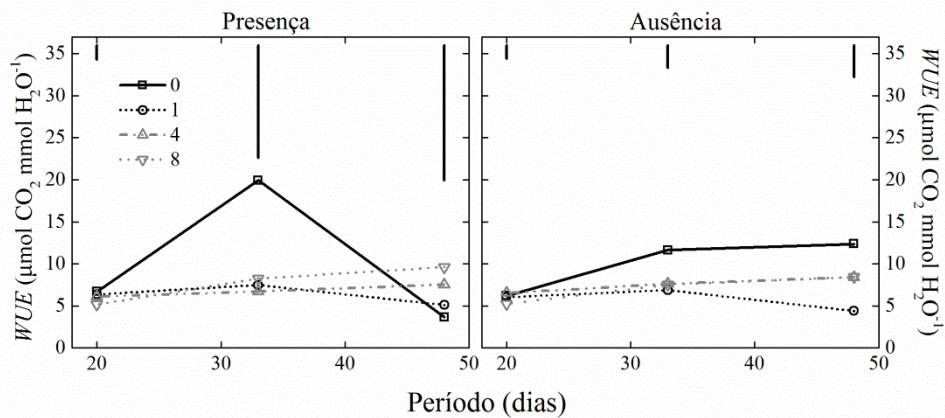
influxo de CO₂ para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados, podendo levar à paralisação de crescimento das plantas e perda de produtividade.

5.4.8.4 Eficiência no uso da água (WUE)

O uso do hidrogel no solo de cultivo possibilitou uma maior eficiência no uso da água, independente da frequência de irrigação. Quando a irrigação ocorreu apenas no plantio, houve um acréscimo até o 35º dia, diferindo estatisticamente das demais frequências, onde neste período observou-se a máxima eficiência e após ocorreu uma queda, onde no final do experimento, aproximadamente a partir do 42º passou ser menos eficiente que as demais frequências. Já na ausência, houve uma elevação até o 35º, mantendo-se inalterada até o fim do período experimental (Figura 32).

É provável que essa eficiência, neste caso, seja justificada pela menor taxa de transpiração pelas plantas. Pois, segundo Roberts et al., (2015), o uso da água compreende os processos de transpiração e de evaporação da água no solo. No entanto, o WUE é sensível às condições ambientais e consequentemente, as alterações ambientais (LACLAU et al., 2016).

Figura 32 - Eficiência no uso da água (WUE) em mudas de *Eucalyptus dunnii* em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

De acordo com Valdés et al. (2013), quando as plantas percebem o déficit hídrico ativam múltiplas respostas para sincronizar seu desenvolvimento e suas atividades moleculares, visando a garantir sua sobrevivência. Então respondem as mudanças ambientais

alterando diretamente sua fisiologia e sua morfologia, para sobreviverem ao novo ambiente (TAIZ e ZEIGER, 2014). Desta forma, estratégias adaptativas para melhorar a eficiência são necessárias para atender a demanda de madeira no âmbito global, especialmente em local mais seco (LACLAU et al., 2016).

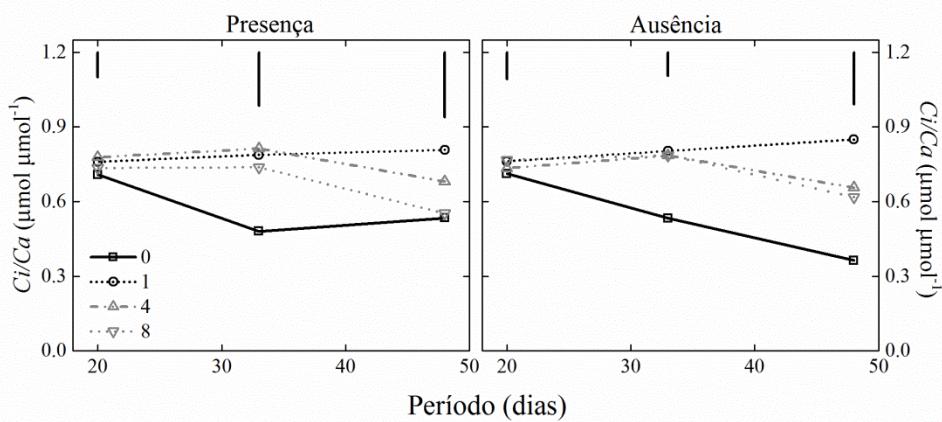
Segundo Chaves et al. (2009), entender como as plantas respondem ao déficit hídrico, pode desempenhar um papel importante no desempenho das plantas sob condições deficiência hídrica. Almeida et al. (2007) afirmam que as empresas madeireiras necessitam melhorar sua compreensão sobre a *WUE* de plantações florestais, a fim de ajustar suas práticas de gestão para alcançar a sustentabilidade. Dessa forma, estudos ecofisiológicos e hidrológicos de longo prazo parecem ser a melhor maneira de aprimorar continuamente as técnicas de manejo florestal e a otimização do uso da água, aumentando desse modo a produtividade da floresta. Pois, o manejo de plantações, para maximizar o uso da água, também pode minimizar o impacto da produção de madeira sobre os recursos hídricos (WHITE et al., 2014).

Taiz; Zeiger (2014) relataram que quando os estômatos se fecham nos estádios iniciais de estresse hídrico, a eficiência no uso de água pode aumentar, ou seja, mais CO₂ pode ser absorvido por unidade de água transpirada, porque o fechamento estomático inibe a transpiração mais do que diminui as concentrações intercelulares de CO₂. Quando o estresse torna-se severo, no entanto, a desidratação de células do mesófilo inibe a fotossíntese, o metabolismo do mesófilo é prejudicado e a eficiência do uso de água decresce.

5.4.8.5 Relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO₂ (ci/ca)

Os resultados obtidos para *Ci/Ca* (Figura 33) mostram que independente da presença ou ausência do hidrogel no solo de cultivo, no geral a redução de *Ci/Ca* ocorreu devido ao fechamento estomático. Este comportamento mostrou que a fotossíntese continuou a acorrer mesmo com os estômatos fechados, reduzindo assim a concentração intercelular de CO₂. Como os valores de *Ci/Ca* não se elevaram após essa redução, mostrou que durante o período de avaliação a redução da fotossíntese foi somente estomática, não havendo danos ao aparato fotossintético das mudas.

Figura 33 - Relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO₂ (C_i/C_a) em mudas de *Eucalyptus dunnii* em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

5.9 Conclusões

- O polímero hidroretentor possibilitou o retardamento de todos os sintomas de déficit hídrico avaliados, com um aumento de três dias em que as mudas permaneceram vivas.
- O hidrogel apresentou maior influência quando a irrigação é efetuada em menor frequência, sendo que as mudas de *Eucalyptus dunnii* demoram mais tempo para apresentar sintomas de déficit hídrico.
- A adição do polímero proporcionou melhoria na qualidade das mudas, elevando as médias das características morfológicas e o índice de clorofila.
- O efeito do hidrogel influencia positivamente no armazenamento e disponibilização de água a planta no solo, principalmente quando as irrigações ocorrem com mais frequência.
- As trocas gasosas foram afetadas pela disponibilidade de água, pois variaram em função da frequência de irrigação, independente da presença ou ausência do hidrogel. O déficit hídrico foi um fator limitante para a abertura estomática e contribuiu para a queda na assimilação de carbono pela fotossíntese, pois quanto menor a disponibilidade de água, menor os valores de A , gs e E . Já, o WUE aumentou quando diminuiu a disponibilidade de água.

5.5 *Eucalyptus benthamii*

5.5.1 Sintomatologia

A análise de variância dos dados medidos no 56º dia após transferência para os vasos mostrou que houve interação ($p=0,02$) entre os fatores principais somente para as classes sem sintoma (SEM) e sintomas leves de murcha (SLM), os demais sintomas apresentaram efeito significativo apenas para o fator frequência de irrigação (Tabela 17)

Tabela 16 - Duração dos sintomas de estresse hídrico nas plantas, em dias, avaliado a partir do plantio até o 56º dia após o plantio de *Eucalyptus benthamii* em vasos, em função da presença ou ausência de hidrogel e diferentes frequências de irrigação.

Variável	Hidrogel	Aparecimento dos sintomas de estresse (dias)			Médias	
		Frequência de Irrigação				
		Plantio	8 dias	4 dias		
^{1CV% 2,76} SEM**	Presença	29,1Da*	54,0Ba	55,5Aa	51,0Cb 47,4	
	Ausência	23,5Db	40,0Cb	50,1Bb	56,0Aa 42,4	
	Média	26,31	47,0	52,8	53,0	
^{CV 1,15} SLM	Presença	37,4Ba	56,0Aa	56,0Aa	56,0Aa 51,3	
	Ausência	35,0Cb	44,7Bb	56,0Aa	56,0Aa 47,9	
	Média	36,2	50,3	55,9	56,0	
^{CV% 2,02} SMM	Presença	43,0	56,0	55,9	56,0 52,8	
	Ausência	42,6	54,2	56,0	56,0 52,2	
	Média	42,8C	55,1B	55,9A	56,0A	
^{CV% 1,12} SSM	Presença	52,2	56,0	55,8	56,0 55,0	
	Ausência	51,6	55,7	56,0	56,0 54,8	
	Média	51,9B	55,9A	55,9A	56A	
^{CV% 0,99} NPV	Presença	52,2	56,0	56,0	56,0 55,0	
	Ausência	51,6	56,0	56,0	56,0 54,9	
	Média	51,8B	56,0A	56,0A	56,0A	

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. ** SEM – sem sintomas de murcha; SLM - sintomas leves de murcha; SMM - sintomas moderados de murcha e SSM - sintomas severos de murcha; NPV- número de dias em que a planta permaneceu viva ^{1CV%}: coeficiente de variação.

Os variáveis dias sem sintomas (SEM) mostrou que houve interação entre as variáveis avaliadas, sendo que com a presença do hidrogel as mudas de *Eucalyptus benthamii* permaneceram mais dias sem apresentar estresse hídrico, retardando em média cinco dias o aparecimento de sintomas. Quando a irrigação ocorreu todos os dias, o hidrogel não se mostrou eficiente, aparecendo os sintomas cinco dias de antecedência. Isto é justificado pelo fato da ocorrência da saturação hídrica do solo, o que dificultou ainda mais a difusão de gases levando a condições de hipoxia (baixa concentração de O₂) na região radicular. Estes sintomas foram observados somente na primeira semana após o plantio.

A frequência de irrigação a cada 8 dias elevou o tempo para o aparecimento de estresse comparado com a irrigação apenas no plantio. A irrigação somente no plantio provocou um rápido aparecimento de estresse. Por outro lado, deve-se ressaltar que o plantio foi realizado em vasos com solo e condições específicas, servindo somente como indicativo do comportamento do uso do hidrogel e diferentes manejos de irrigação em condições do plantio a campo.

Para os dias com sintomas leves de murcha (SLM), observou-se interação entre as variáveis, sendo que na ausência do hidrogel o déficit hídrico ocorreu em um menor período de tempo, com uma média de três dias a menos, quando comparado ao uso do polímero. Estas diferenças foram mais acentuadas em plantas irrigadas com um intervalos de irrigação a cada 8 dias, onde na ausência do hidrogel os sintomas apareceram 11 dias antes. O uso do hidrogel não apresentou diferença quando foram feitas irrigações mais frequentes (todos os dias e a cada quatro dias).

Estes resultados coincidem com os de Felipe et al. (2016), onde na presença do hidrogel as mudas de *Eucalyptus benthamii* permaneceram mais dias sem o aparecimento do estresse hídrico, retardando em todos os níveis o aparecimento de sintomas, comparado com a ausência do mesmo, onde os sintomas apareceram bem antes.

Benefícios do uso de hidrogel também foram discutidos por Saad et al. (2009), os quais relatam que sob o ponto de vista prático, os cinco dias a mais, garantidos pelo hidrogel no solo arenoso possibilitam o retardamento de uma nova irrigação e ganhos econômicos, uma vez que se poderia esperar por chuvas nesse período. Estas informações são de grande importância para a implantação de um plantio a campo, pois se pode supor que nos casos em que a irrigação é efetuada frequentemente, ou nos casos em que a frequência de chuvas é maior, o uso do hidrogel poderia ser descartado. Já em condições com menor frequência de chuva, ou fazendo-se irrigações mais espaçadas, o uso do hidrogel pode ser recomendado. Cabe destacar que na implantação de florestas de *Eucalyptus*, normalmente, observa-se que o

período mais crítico quanto à perda de mudas por falta de água é nos primeiros 20 dias, período em que a planta esta se estabelecendo e, com um sistema radicular ainda em formação.

Considerando os sintomas severos de murcha (SSM), que segundo Navroski *et al.*(2014) nesse nível de estresse uma recuperação da planta com novas irrigações ou chuvas já é dificultada, as mudas permaneceram mais dias sem apresentar estresse hídrico, porém não foi verificado diferença estatística. Não foi observada interação entre o uso de hidrogel e a frequência de irrigação. Em relação aos sintomas severos de murcha (SSM), no qual durante esse nível de estresse, a recuperação das mudas com novas irrigações ou chuvas já é dificultada, também não foi observada interação entre o uso do hidrogel e a frequência e da mesma forma não teve diferença estatística, sendo a presença do mesmo levemente superior à ausência, com aproximadamente um dia de retardamento dos sintomas.

Quanto ao número de dias em que as plantas permaneceram vivas (NPV), percebeu-se uma grande tolerância dessa espécie ao déficit hídrico, pois quando a irrigação ocorreu apenas no plantio na ausência do hidrogel permaneceram vivas até aproximadamente 51,6 ° dias após o plantio, obtendo-se um aumento de apenas 0,5 dias em que as plantas permaneceram vivas, fazendo-se o uso do hidrogel.

No uso de irrigações pós-plantio não foi observado efeito significativo do uso do hidrogel. Isto pode indicar que o uso do hidrogel é benéfico no retardamento da mortalidade das mudas quando não se faz o uso de irrigações, ou se faz somente no plantio. Além disso, quando realizou irrigação pouco frequentes (8 dias) não teve diferença comparando com irrigação diária, demonstrando novamente que a espécie suporta condições extremas de déficit hídrico.

Da mesma forma, Felippe et al. (2016) avaliando número de dias em que plantas de *Eucalyptus benthamii* permaneceram vivas, perceberam que o uso do hidrogel somente apresentou diferença quando a irrigação ocorreu apenas no plantio. Os autores comentam que com a presença do hidrogel no solo, obteve-se um aumento de aproximadamente 5 dias em que permaneceram vivas, fazendo-se o uso deste polímero.

Neste sentido, Viero; Little (2008), avaliando a implantação de eucalipto a campo com o uso de hidrogel afirmam que o uso do hidrogel aumenta a sobrevivência da mudas, obtendo melhor resposta quando também é realizada a irrigação.

5.5.2 Incremento em diâmetro do colo (ID) e altura (IH)

A análise do incremento do *Eucalyptus benthamii*, apontou que não houve interação dos fatores estudados no experimento. Os resultados mostraram que a altura e o diâmetro foram afetados pela frequência de irrigação (Tabela 18).

Tabela 17 - Incremento em altura em diâmetro (ID) e incremento em altura (IH) em mudas de *Eucalyptus benthamii* na presença e ausência de hidrogel e diferentes frequências de irrigação.

Hidrogel	Frequência de irrigação				
	Plantio (0)	8 dias	4 dias	Diária (1)	Média
ID (mm)	Presença	0,70	2,16	3,04	2,43
	Ausência	0,30	1,04	2,70	1,93
	Média	0,50D*	1,80C	2,90B	3,74A
IH (cm)	Presença	10,30	25,70	34,50	28,12
	Ausência	8,30	17,70	26,60	23,24
	Média	9,30D	21,70C	30,50B	41,55A

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. ID- incremento em diâmetro e IH- incremento em altura.

O uso de irrigação apresentou efeito esperado, quanto mais frequente as irrigações, maior o incremento, que foi atingido quando a irrigação ocorreu todos os dias. Resultados semelhantes são citados por Castro et al. (2014), que avaliando o crescimento inicial de cafeiro com uso de hidrogel e diferentes intervalos de rega, afirmaram que a adição do polímero em até 4 kg ha⁻¹ influenciou positivamente o diâmetro do caule aos cinquenta dias após o transplante.

O crescimento em altura das plantas esteve diretamente relacionado com a frequência de irrigação. O melhor incremento correspondeu a irrigação diária com uma média de 42 cm quando comparado a 41,1 cm quando não se fez uso do hidrogel.

Estes resultados corroboram com os de Dranski et al. (2013) onde três meses após o plantio de pinhão-manso, os resultados apontaram efeito positivo para os incrementos, na altura e no diâmetro do coleto, onde mudas que receberam 0,5 L de hidrogel na cova apresentaram maiores médias. Desta forma, Azevedo et al. (2002), estudando a eficiência de hidrogel adicionado no substrato de plantio das mudas de cafeiro, afirmaram que a presença

de hidrogel permitiu ampliar os intervalos entre irrigações, sem comprometer o crescimento da planta por déficit de água.

5.5.3 Biomassa seca

Em relação à biomassa seca do caule das mudas de *Eucalyptus benthamii*, aos 56 dias após o plantio, os resultados obtidos demonstraram não haver interação entre o uso de hidrogel e as frequências de irrigação ($p=0,2$). Entretanto, houve efeito significativo para os fatores de forma isolada. Os tratamentos com a presença do hidrogel apresentaram em média 2,40 gramas em relação a 1,65 gramas quando não se fez uso do polímero no solo de cultivo, diferindo estatisticamente entre si.

Para as frequências de irrigação, verificou-se que quanto maior a disponibilidade de água, maior a biomassa do caule, ou seja, quando a irrigação ocorreu todos os dias as mudas apresentaram médias de 3,7 gramas, seguido de 2,6 gramas a cada quatro dias. Irrigações menos frequentes apresentaram um menor desenvolvimento das mudas com médias de 1,28 e 0,46 gramas quando a irrigação ocorreu a cada oito dias e somente no plantio, respectivamente. Todas as frequências utilizadas diferiram estatisticamente entre si.

Corroborando com os resultados, Martim et al. (2009) discorrem que a escassez hídrica do solo acarreta alterações no crescimento. No presente estudo é facilmente evidenciado o efeito da escassez de água ao se observar os baixos valores de biomassa obtidos nos tratamentos de menor frequência de irrigação.

A biomassa seca de raízes também apresentou boa resposta ao uso do hidrogel, mostrando interação entre os fatores estudados ($p=0,01$). Observa-se um acréscimo da biomassa radicular com a presença do polímero, onde apresentou a maior média (Tabela 19). Estes resultados corroboram com os encontrados por Felippe et al. (2016), em que independentemente do tempo de irrigação a utilização de hidrogel favoreceu o aumento da massa seca radicular das mudas e que o uso do hidrogel mostrou-se eficiente no manejo de irrigação a cada 6 dias, sendo este período adequado para detectar a diferença de massa seca radicular quando comparado a ausência no uso desse polímero para a espécie *Eucalyptus benthamii*.

No presente estudo a maior frequência do hidrogel (irrigação diária) proporcionou maior massa de raízes, provavelmente devido à maior disponibilidade de água e de nutrientes. Eloy et al. (2013) ressaltam que essa variável apresenta expressiva importância no

desenvolvimento das plantas, pois, quando estão bem enraizadas, elas apresentam maior capacidade de crescimento e maior potencial de sobrevivência em campo.

Tabela 18- Biomassa seca da raiz em gramas por planta (g/pl) em função da presença e ausência do hidrogel em mudas de *Eucalyptus benthamii* submetidas a diferentes frequências de irrigação.

Hidrogel	Frequência de irrigação			
	Plantio (0)	8 dias	4 dias	Diária (1)
Presença	0,84Ca*	1,37Ca	2,12Ba	4,0Aa
Ausência	0,70Ba	0,38Bb	1,44Ba	2,13Ab

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

NOTAS: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

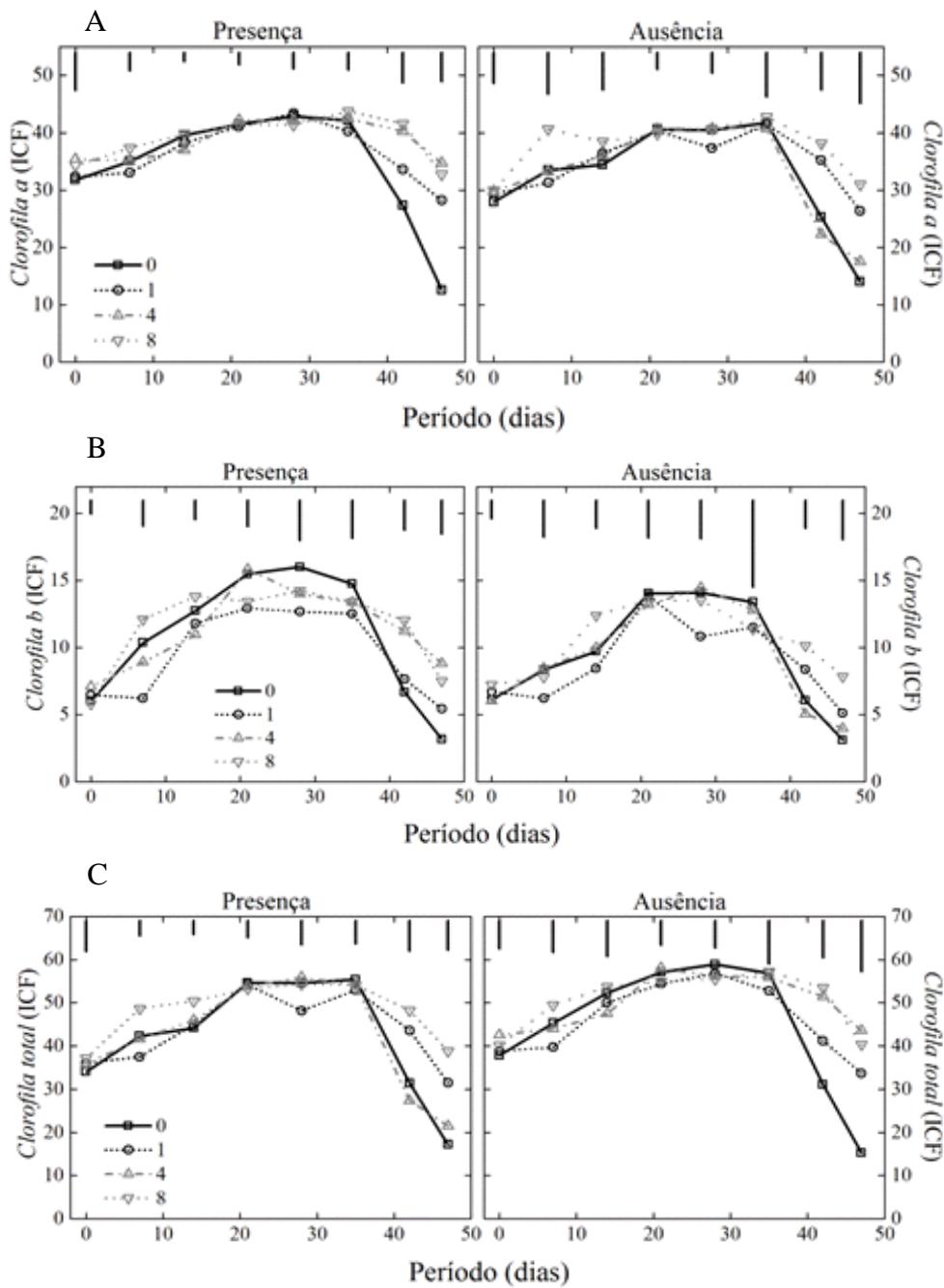
A irrigação apenas no plantio apresentou o menor crescimento radicular, possivelmente devido a menor quantidade de água recebida. Segundo Ferreira et al. (1999), o déficit hídrico afeta primeiro as raízes, a partir destas são desencadeados uma série de efeitos em toda a planta.

Carneiro (1995) comenta sobre a importância das raízes, as quais asseguram maior desenvolvimento às mudas, pois as mesmas estão fortemente associadas às atividades fisiológicas, e são fundamentais para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial, em condições de campo.

5.5.4 Índice de Clorofila

Os índices foliares de clorofilas *a*, *b* e *total* em mudas de *Eucalyptus benthamii* apresentaram valores superiores das leituras SPAD, expressos em ICF (Índice de Clorofila), nos tratamentos com a presença do hidrogel, mostrando assim, que com o uso do polímero a quantidade de nutrientes disponibilizados, especificamente o nitrogênio, permitiu maior quantidade desses pigmentos fotossintetizante. Na presença do hidrogel, houve um acréscimo no teor de clorofila até o 30º dia após o plantio, a partir deste ocorreu uma forte redução. As maiores médias foram percebidas quando a irrigação ocorreu a cada 4 e 8 dias, diferindo estatisticamente das demais frequências (Figura 34).

Figura 34 - Teores de clorofila em mudas de *Eucalyptus benthamii* de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. A- clorofila a B- clorofila b C- clorofila total.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

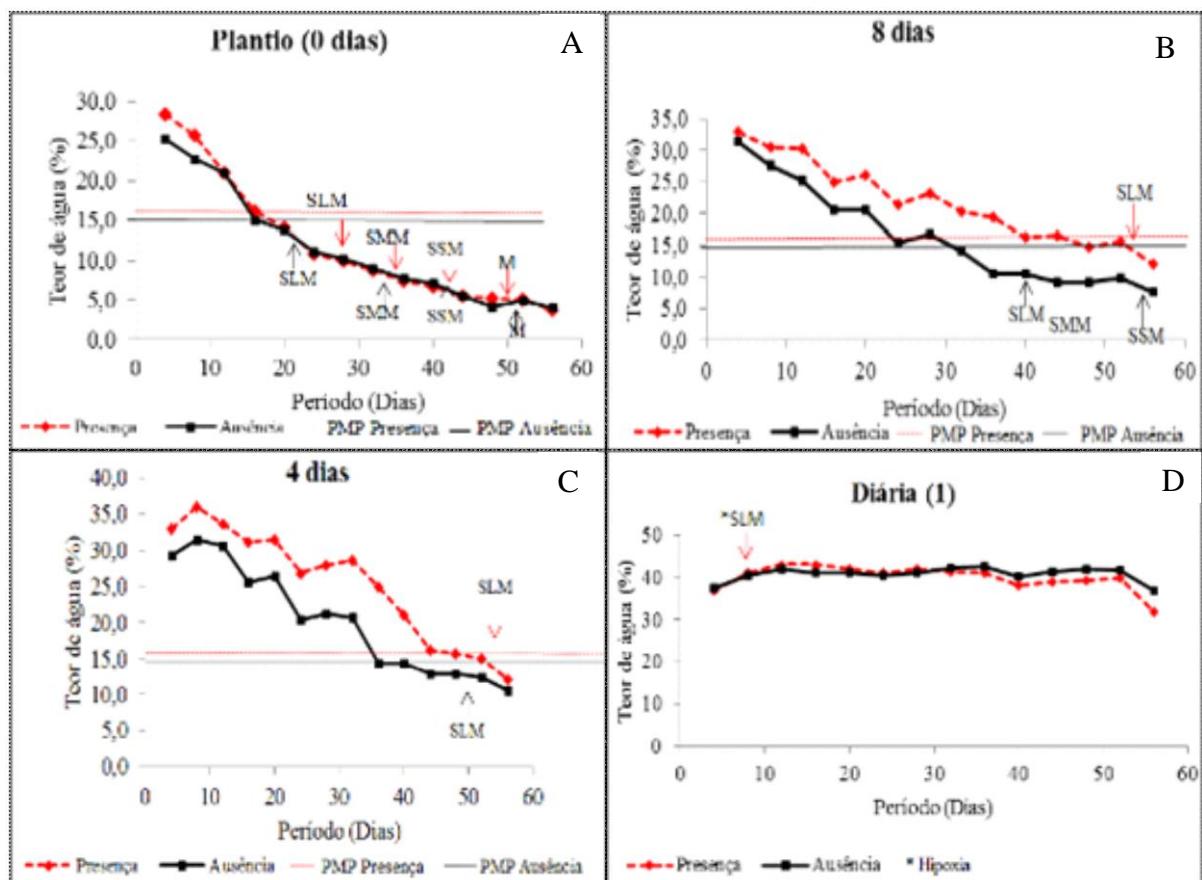
Estudos semelhantes a esse foi descrito por Felipe et al. (2016), onde citaram que o teor de clorofila das plantas de *Eucalyptus benthamii* em todos os tratamentos apresentou boa resposta ao uso do hidrogel, sendo que os maiores índices foram observados nos tratamentos com a presença deste polímero. Os autores citam que a adição do polímero possivelmente diminua a perda de nutrientes por lixiviação, proporcionando assim maior taxa fotossintética

devido a maiores teores de nitrogênio, sendo que este nutriente está diretamente ligado a maior taxa fotossintética da planta.

5.5.5 Teor de Água no Solo

Considerando o teor de água no solo, observou-se que os valores variaram de acordo com a frequência de irrigação. De forma geral, as maiores perdas de água foram encontradas para os tratamentos que não fizeram uso do hidrogel no solo de cultivo (Figura 35).

Figura 35 - Teor de água no solo e sintomatologia visual em mudas de *Eucalyptus benthamii* de origem seminal em função da presença ou ausência de hidrogel. A- Irrigação somente no plantio; B- Irrigação a cada 8 dias; C- Irrigação a cada 4 dias e D- Irrigação diária. Onde SLM: Sintomas leves de murcha, SMM: Sintomas moderados de murcha. SSM: Sintomas severos de murcha, M: Planta morta e PMP: Ponto de murcha permanente.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017

Quando a irrigação ocorreu apenas no plantio (Figura 35A), na presença do hidrogel, até o 12º dia o solo permaneceu com mais umidade, a partir desse período os valores tanto da presença como da ausência permaneceram muito próximos. Houve um atraso nos dias em que apareceram os sintomas visuais de déficit hídrico avaliado e surgiram bem abaixo do PMP de cada condição de solo (15,7 % na presença e 15% na ausência).

Os sintomas leves de murcha (SLM) apareceram aproximadamente aos 29 dias após o plantio, quando o teor de água no solo chegou a 9,5%, quando comparado à ausência do mesmo, esse sintoma apareceu seis dias antes com 12% de umidade. O aparecimento dos sintomas moderados de murcha (SMM), na presença de hidrogel ocorreu aos 37 dias após o plantio quando o teor de água foi de 7 % e na ausência do mesmo aos 35 dias após o plantio com uma umidade de 8,1%.

Para os sintomas severos de murcha (SSM), observou-se que da mesma forma que os demais sintomas avaliados, na presença de hidrogel houve um retardamento de aproximadamente um dia no aparecimento destes sintomas, ocorrendo aos 43 dias após o plantio quando o teor de água atingiu 6,5%, sendo que na ausência esse sintoma ocorreu aos 42 dias e um teor de umidade de 6 %. Na presença do hidrogel a morte das mudas foi constatada quando o teor de água no solo atingiu 5,1% sendo que a não utilização do mesmo, esses sintomas foram observados quando a umidade do solo encontrava-se em 4,85 %.

Este comportamento pode ser explicado por Taiz; Zeiger (2014), que mencionam que plantas somente sobrevivem abaixo do ponto de murcha permanente devido seu ajuste osmótico, que se desenvolve lentamente em resposta à desidratação do tecido causado pelo déficit hídrico. As folhas que são capazes de realizar esse ajuste podem manter o turgor sob potenciais hídricos mais baixos.

O teor de água no solo nas frequências de quatro e oito dias apresentou um comportamento semelhante. Em ambas as frequências verificou-se um aumento nos valores de umidade quando se fez uso do polímero. Irrigações efetuadas a cada quatro dias evidenciaram apenas sintomas leves de murcha, ocorrendo inicialmente quando não se fez uso do hidrogel, aos 50 dias após a implantação do experimento quando a umidade do solo atingiu 13,5%. Na presença do polímero esse sintoma foi percebido aproximadamente cinco dias mais tarde, quando a umidade do solo atingiu 15%. As mudas irrigadas a cada oito dias iniciaram os sintomas leves de murcha nos tratamentos que não fizeram uso do hidrogel aos 40 dias após o plantio quando o teor de água estava aproximadamente a 10,6 % e 14 dias mais tarde quando adicionado hidrogel no solo de cultivo com uma umidade de 15%. Os sintomas leves de murcha (SLM) observadas nas mudas onde receberam irrigação diária não ocorreram

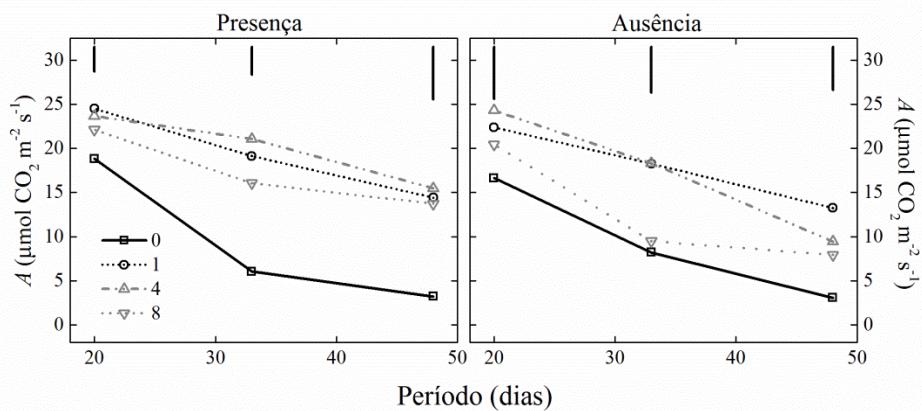
devido à restrição de água, e sim devido ao excesso onde foi observado efeito da hipóxia quando a umidade do solo estava em 40%, promovendo uma redução do oxigênio do solo utilizado na respiração radicular.

5.5.6 Trocas Gasosas

5.5.6.1 Taxa Fotossintética (A)

As plantas submetidas ao déficit hídrico, ou seja, conforme reduziu à frequência de irrigação, apresentaram redução na taxa fotossintética ao longo do período experimental (Figura 36), independente da presença ou ausência do hidrogel. As diferenças significativas entre os tratamentos foram observadas entre as maiores frequências e as menores logo na primeira avaliação, que ocorreu aproximadamente 15 dias após o plantio.

Figura 36 - Taxa fotossintética (A) em mudas de *Eucalyptus benthamii* em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

A taxa fotossintética declinou de forma rápida para todas as frequências de irrigação principalmente quando a irrigação ocorreu apenas no plantio, independente da presença ou ausência do hidrogel. Acredita-se que além de o fator água influenciar na fotossíntese, este declínio também pode ser em função da luz, devido às condições climáticas presentes durante o período experimental, pois como já citado nos resultados do clone de *Eucalyptus urograndis*

ocorreram muitos dias nublados, reduzindo assim a intensidade luminosa, principalmente no final do experimento. Também pode estar relacionada com a questão nutricional, mais específica à redução da absorção do nitrogênio, como pode ser visto na figura 34.

Neste sentido Cruz et al. (2007), estudando a taxa fotossintética em mamoeiro, verificaram que a deficiência de nitrogênio regulou negativamente a própria taxa de assimilação do carbono. A influência negativa do nitrogênio sobre a taxa fotossintética tem sido observada para diversas espécies e é explicada pelo fato de que a aplicação desse nutriente determina a formação de compostos relacionados à fotossíntese tais como transportadores de elétrons e rubisco (EVANS, 1989). Adicionalmente, concentrações ótimas de nitrogênio podem ser necessárias para a manutenção da atividade carbixilativa da rubisco (CRUZ et al., 2001) o que também ajuda a explicar a redução da taxa fotossintética nesse trabalho.

5.5.6.2 Transpiração (E)

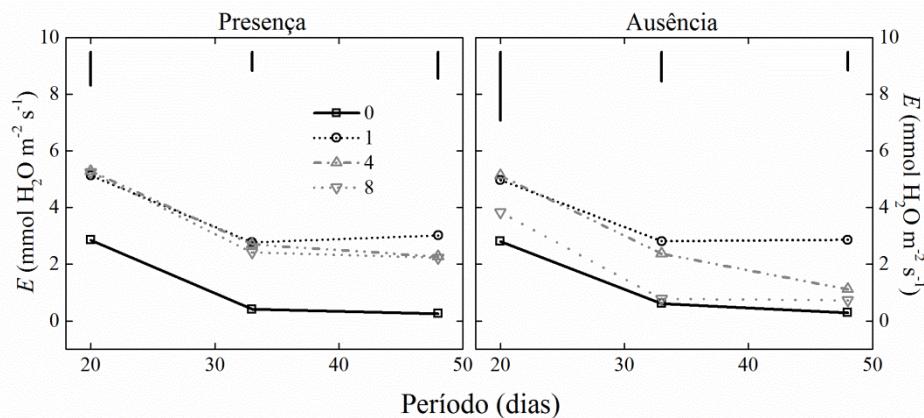
Em decorrência da diminuição na taxa fotossintética das plantas de *Eucalyptus benthamii* ao longo do período experimental, ocorreu uma redução na taxa de transpiração à medida que diminuiu a frequência de irrigação independente da presença ou ausência do hidrogel. O processo transpiratório claramente refletiu a disponibilidade de água para as plantas (Figura 37).

Na presença do hidrogel a diferença estatística foi percebida apenas entre a menor frequência e a maior. As maiores taxas de transpiração foram verificadas nas frequências de 1, 4 e 8 dias. Já na ausência do polímero as maiores taxas transpiratórias foram observadas nos tratamentos com maior frequência de irrigação, ou seja, quando se irrigou todos os dias e a cada quatro dias.

O estresse por deficiência hídrica é produzido tanto pela limitação de água no solo quanto por perda excessiva pela transpiração em relação à absorção feita pelas raízes, sendo esses processos influenciados por fatores ambientais e por características da própria planta (SANT' ANNA, 2009). Segundo Souza et al. (2004), o controle da perda de água pelo fechamento estomático consegue manter elevado o potencial hídrico e o conteúdo relativo de água nas folhas. Como consequência, há restrições na condutância estomática e trocas gasosas, que reduz a taxa de transpiração e assimilação de CO₂, pois segundo Chaves (2001), a transpiração excessiva pode comprometer a disponibilidade de água para os processos vitais

da planta, principalmente quando se trabalha em situações em que a quantidade de água disponível é reduzida.

Figura 37 - Transpiração (E) em mudas de *Eucalyptus benthamii* em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

A redução da transpiração em plantas sob deficiência hídrica tem sido observada por outros autores, em trabalhos com outras espécies de eucalipto (GOMES, 1994; MIELKE et al., 1999). O fechamento parcial dos estômatos é uma conhecida estratégia de tolerância das plantas à deficiência hídrica, porque diminui a taxa de transpiração, mantém o conteúdo hídrico foliar, reduz o risco de desidratação e eventual morte por dessecação (REIS; REIS, 1997; SANT'ANNA, 2009).

Silva et al. (2003), avaliando o comportamento estomático e potencial da água na folha de três espécies lenhosas (*Mimosa caesalpiniifolia*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Tabebuia áurea*), sob deficiência hídrica, observaram valores de condutância estomática em diferentes magnitudes e constataram que as três espécies utilizam a redução do poro estomático como estratégia para minimizar a perda de água através da transpiração.

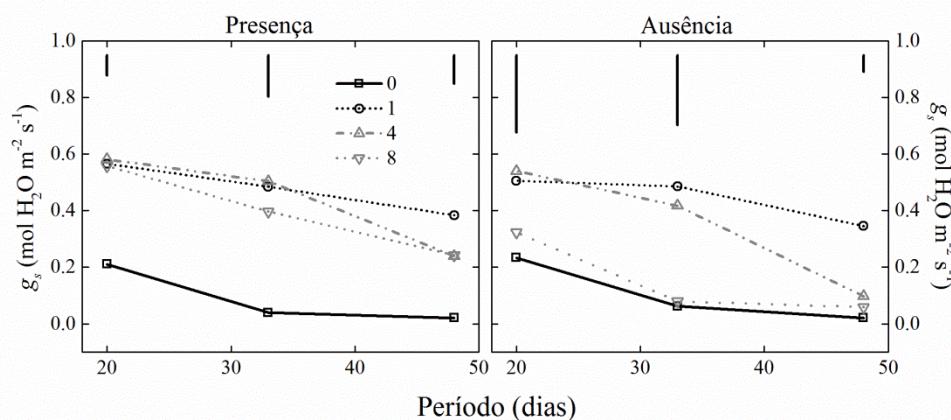
5.5.6.3 Condutância estomática (g_s)

O comportamento estomático das mudas de *Eucalyptus benthamii* apresentou um comportamento muito similar ao da transpiração. Verificou-se que com a diminuição das frequências de irrigação, as plantas apresentaram declínio na condutância estomática (Figura

38), em virtude de maior redução na abertura estomática e, consequentemente, queda na capacidade dos estômatos permitirem as trocas gasosas entre a planta e o ambiente.

Da mesma forma que a transpiração, na presença do hidrogel a diferença estatística foi percebida apenas entre a menor frequência e a maior. Os maiores valores de condutância estomática foram verificados nas frequências de 1, 4 e 8 dias, sendo que na ausência os maiores valores foram observados nos tratamentos com maior frequência de irrigação, ou seja, quando se irrigou todos os dias e a cada quatro dias.

Figura 38 - Condutância estomática (g_s) em mudas de *Eucalyptus benthamii* em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

A diminuição na condutância estomática das plantas causada pelo déficit hídrico tem sido mostrada em inúmeros estudos (OLIVEIRA et al. 2005; OTIENO et al. 2005; CHEN et al. 2010). Nogueira et al. (1998), estudando os efeitos da suspensão da irrigação em plantas de *Senna martiana*, *Parkinsonia aculeata* e *Senna occidentalis*, espécies lenhosas presentes na Caatinga, observaram redução na transpiração após 20 dias de suspensão de irrigação. O mesmo comportamento foi verificado em por Gomes et al. (2004) em plantas de *Citrus sinensis* submetidas a déficit hídrico.

O fechamento estomático é muitas vezes considerado uma resposta fisiológica antecipada ao déficit hídrico que resulta em diminuição de A , através da limitação da disponibilidade de CO_2 no mesófilo (REPELLIN et al., 1994, CORNIC, 2000). O efeito da deficiência é muito variado e depende muito da intensidade de déficit de água no solo que a

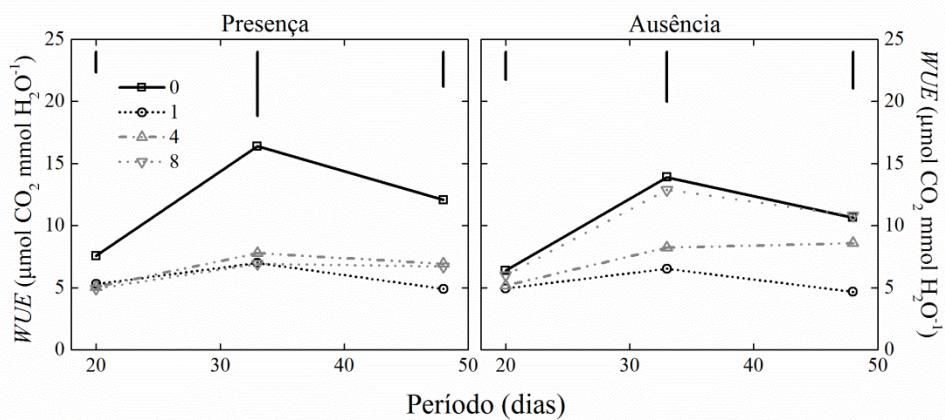
planta está submetida. A redução na condutância estomática afeta uma série de interações planta-ambiente, uma vez que os estômatos são pontos de controle de vapor d'água e balanço de energia entre o vegetal e o ambiente. Brunini; Cardoso (1998) citam que embora a redução na taxa transpiratória possa representar uma vantagem imediata para prevenir a desidratação do tecido, ela pode afetar diretamente o balanço de calor sensível sobre o vegetal, e ainda a absorção de CO₂ e consequentemente a taxa fotossintética.

Esses resultados evidenciaram que todos os processos fisiológicos da célula são direta ou indiretamente afetados pelo fornecimento de água. No entanto, Agaba et al. (2011), afirmam que a habilidade do hidrogel para reter e disponibilizar água mais lentamente pode favorecer a resiliência, ou seja, a habilidade das mudas retornarem ao estado normal, após a ocorrência do estresse hídrico.

5.5.6.4 Eficiência no uso da água (WUE)

Em relação à eficiência no uso da água (WUE) verificou-se que houve variações em relação às frequências de irrigação e o uso do hidrogel. Em ambas as frequências no geral houve um acréscimo na eficiência do uso da água até aproximadamente o 34º dia, com um decréscimo gradativo até o final do período experimental (Figura 39).

Figura 39 - Eficiência no uso da água (WUE) em mudas de *Eucalyptus benthamii* em função da presença ou ausência de hidrogel e frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Na presença do hidrogel plantas irrigadas somente no plantio mostraram-se mais eficientes, diferindo estatisticamente das demais frequências, este fato se deve por uma

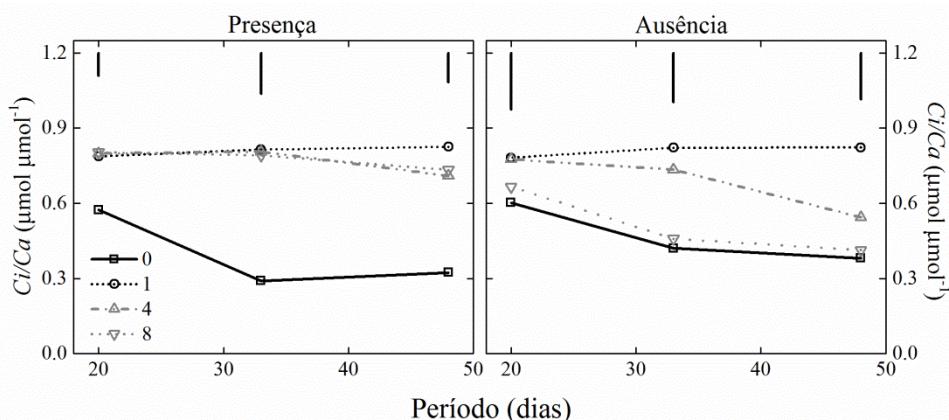
estratégia que a planta desenvolve para enfrentar o déficit hídrico. Já nos tratamentos que não fizeram uso do polímero, a diferença estatística foi percebida entre as maiores frequências e as menores, onde irrigações apenas no plantio e a cada 8 dias apresentaram maior aproveitamento da água. É provavelmente que essa eficiência, esteja ligada à menor taxa de transpiração pelas plantas.

Corroborando com esses resultados, Roza (2010) comenta que a eficiência do uso da água de *Jatropha curcas* aumentou com a redução da disponibilidade hídrica no substrato, diferentemente Silva et al. (2004), estudando a eficiência no uso da água em mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corimbia citriodora*, verificaram que a mesma não variou entre os diferentes níveis de água no solo.

5.5.6.5 Relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO₂ (Ci/Ca)

Os resultados obtidos para Ci/Ca, apresentados na Figura 40, mostram que no geral a redução de Ci/Ca ocorreu devido ao fechamento estomático, independente da presença ou ausência do hidrogel. Este comportamento mostrou que a fotossíntese continuou a ocorrer mesmo com os estômatos fechados, reduzindo assim a concentração intercelular de CO₂. Como os valores de Ci/Ca não se elevaram após essa redução, mostrou que durante o período de avaliação a redução da fotossíntese foi somente estomática, não havendo danos ao aparato fotossintético das mudas.

Figura 40 - Relação entre a concentração intercelular e atmosférica de CO₂ (Ci/Ca) em mudas de *Eucalyptus benthamii* em função da presença ou ausência de hidrogel submetidas a diferentes frequências de irrigação. As barras flutuantes indicam a diferença mínima significativa entre as frequências de irrigação, pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

5.7 Conclusões

- Verificou-se uma grande tolerância do *Eucalyptus benthamii* quando submetida ao déficit hídrico, mostrando que a espécie tolera condições extremas da deficiência de água para as plantas, permanecendo vivas por 52 dias sem receber irrigação.
- O polímero hidroretentor possibilitou o retardamento de todos os sintomas de déficit hídrico avaliados.
- O hidrogel apresentou maior influência quando a irrigação é efetuada em menor frequência, sendo que as mudas de *Eucalyptus benthamii* demoram mais tempo para apresentar sintomas de déficit hídrico.
- A adição do polímero proporcionou melhoria na qualidade das mudas, elevando as médias das características morfológicas e o índice de clorofila.
- O efeito do hidrogel no substrato influencia positivamente no armazenamento e disponibilização de água a planta no solo, principalmente quando as irrigações ocorrem com mais frequência.
- As trocas gasosas foram afetadas pela disponibilidade de água, pois variaram em função da frequência de irrigação, independente da presença ou ausência do hidrogel. O déficit hídrico foi um fator limitante para a abertura estomática e contribuiu para a queda na assimilação de carbono pela fotossíntese, pois quanto menor a disponibilidade de água, menor os valores de A , gs e E . Já, o WUE aumentou quando diminuiu a disponibilidade de água.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados observados pode-se concluir que:

- Com a adição do hidrogel no solo de cultivo houve um aumento na retenção e na água disponível no solo.
- O uso do hidrogel incorporado ao solo e associado a diferentes frequências de irrigação, influenciou positivamente o desenvolvimento das mudas de *Eucalyptus* spp. e estes resultados são atribuídos a melhor retenção de água no solo promovida por ele.
- O teor de água no solo aumentou quando se fez o uso do polímero, principalmente quando se aumentou as frequências de irrigações.
- Com as medições das trocas gasosas foi possível entender o efeito da disponibilidade hídrica nas espécies de eucaliptos avaliadas no presente estudo.
- O hidrogel ocasionou aumento das características benéficas quanto à qualidade das mudas, tais como incremento em altura e diâmetro, biomassa seca, área foliar e índice de clorofila, havendo efeito significativo para a maioria das variáveis.
- No geral o uso do polímero hidroretentor possibilitou o retardamento dos sintomas de déficit hídrico avaliados.
- O uso do polímero quando se faz o uso de irrigações menos frequentes, poderá reduzir o consumo de água para irrigação, diminuindo também os custos de implantação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, M.; MARTINEZ, P. F.; MARTINEZ, J. Evaluación agrónomica de los Substratos de cultivo. **Actas de Horticultura**, Villa viciosa, Espanha, v. 11, p.141-154, 1993.

ABEDI-KOUPAI, J.; SOHRAB, F.; SWARBRICK, G. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. **Journal of Plant Nutrition**, London, v. 31, n. 2, p. 317-331, 2008.

AGABA, H.; LAWRENCE, J. B. O.; OBUA, J.; KABASA, J. D.; WORBES, M.; HÜTTERMANN, A. Hydrogel amendment to sandy soil reduces irrigation frequency and improves the biomass of *Agrostis stolonifera*. **Agricultural Sciences**, Coulterville, v. 2, n. 4, p. 544 - 550, 2011.

AKHTER J.; MAHMOOD K.; MALIK K.; MARDAN A.; AHMAD M.; IQBAL M. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. **Plant Soil and Environment**, v.50, n.10. p.463-469, 2004.

ALBUQUERQUEFILHO, J.A.C.; LIMA, V.L.A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C.A.V.; NETO, J.D.; SILVA JÚNIOR, J.C. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.671–679, 2009.

ALFENAS, A. C., ZAUZA, E. A. V., MAFIA, R. G., ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004.442p.

ALMEIDA, A.C.; SOARES, V.J.; LANDSBERG., J.J.; REZENDE , G.D. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. **Forest Ecology and Management**, v. 251, n. 1–2, p. 10-21, 2007.

ALVES, A.A.C. Cassava botany and physiology. In: HILLOCKS,R.J.; THRESH, J.M.; BELLOTTI, A.C. (Ed.). **Cassava: biology,production and utilization**. Wallingford: CABI, 2002. p.67-89.

ALVES, I. C. N.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; SILVA, H. D. da. Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de celulose Kraft. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 167-174, 2011

AMARAL, G. **Características químicas e físicas de diferentes classes de solos da zona metalúrgica mineira e produtividade de eucalipto**. 2000. 98 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ANDRADE, E. N. **O Eucalipto**. São Paulo: Cia. Paulista de Estradas de Ferro. 2^a Edição, 1961, 680p.

APOSTOL, K. G.; JACOBS, D. F.; DUMROESE, K. Root desiccation and drought stress responses of bareroot *Quercus rubra* seedlings treated with hydrophilic polymer root dip. **Plant and Soil**, v.315, p.229-240, 2009.

ARBONA, V.; IGLESIAS, D.J.; JACAS,J.; PRIMO-MILLO,E.; TALON,M.; CADENAZ, A.G. Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. **Plant and Soil**, v. 270, n. 1-2, p. 73-82, 2005.

ASSIS, T. F. de.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 93-121.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS-ABRAF. **Anuario estatístico da ABRAF**: ano base 2005. Brasilia, 2006.80 p.

ALMEIDA, A.C.; SOARES, V.; LANDSBERG, J.J.; REZENDE, G.D. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. **Forest Ecology and Management**, v. 251, n. 1–2, p. 10-21, 2007.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A.C.A.; FREITAS, P.S.L.; REZENDE, R.; FRIZZONE, A.A. Níveis de polímero superabsorvente, frequência de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1239-1243, 2002.

BALL, R.A.; OOSTERHUIS, D.M.; MAUROMOUSTAKOS,A. Growth dynamics of the cotton plant during water-deficit stress. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, p. 788-795,

1994.BASSETTI, P.; WESTGATE, M.E. Waterdeficit affects receptivity of maize of silks. *Crop Science*, Madison, v.33,p.279-282, 1993

BALDOCHI, D.D.; LUXMOORE, R.J.; HATFIELD,J.L. Discerning the Forest from the trees: an essay on scaling canopy stomatal conductance. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam,v.54, p.197-226, 1991.

BALENA, S.P. **Efeito de polímeros hidroretentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos**. 1998. 57f. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BENSON, D. H. Aspects of the ecology of a rare tree species, *Eucalyptus benthamii*, at Bents Basin, Wallacia. **Cunninghamia**, v. 1, n. 3, p. 371-383, 1985.

BENSON,D.; McDougall, L. Ecology of Sydney plant species: part 6 dicotyledon family Myrtaceae. **Cunninghamia**, Sydney, v. 5, n. 4, p. 809-987, 1998.

BERGAMASCHI H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Ed. H. Bergamaschi. Editora Universidade UFRGS, Porto Alegre, pp 25-32, 1992.

BILLARD, C. E.; LALLANA, V. H. Multiplicación in vitro de *Eucalyptus dunnii*. **Ciencia, Docência y Tecnología**, Concepción del Uruguay, año 16, n. 30, p. 199-216, 2005.

BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the dickson quality índex in forest seedlings. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010.

BOOIJ, R.; VALENZUELA, J.L. e AGUILERA, C. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. In: HAVERKORT, A.J.; MACKERRON, D.K.L. (Eds.). **Management of nitrogen and water in potato production**. The Netherlands, Wageningen Pers, 2000. p.72-82.

BOLAND, D.; BROKER, M.H.; CHIPPENDALE, G.M, HALL,N.; HYLAND, B.P,M.; JOHNSTON, R.D, KLEINING, D.A.; TURNER, J.D. **Forest trees of Australia**. Fifth Edition. CSIRO Publishing, 736p,2006.

BOLAND, D.J. **Forest trees of Australia**. 4^a ed. Australia Goverment Publishing Service: CSIRO, 1992.

BOLAT, I.; DIKILITAS, M.; ERCISLI, S.; IKINCI, A.; TONKAZ, T. The Effect of Water Stress on Some Morphological, Physiological, and Biochemical Characteristics and Bud Success on Apple and Quince Rootstocks. **The Scientific World Journal**. Asian Spine, v14.p8, 2014

BOLETIM CELULOSE ON-LINE. Internacional Paper. Disponível em:
<http://www.celuloseonline.com.br/pagina/pagina.asp?IDItem=14512&IDNoticia=11967>.
Acesso em: 07 mar 2015.

BOSCARDIN, P. M. D. **Morfoanatomia, fitoquímica e atividades biológicas de Eucalyptus benthamii Maiden**. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências farmacêuticas) Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2009.

BORTOLINI, F.; DALL'AGNOL, M.; BISSANI, C. A. Características morfofisiológicas associadas à tolerância à seca em sete genótipos da coleção nuclear de trevo branco. **Ciência Rural**, Santa Maria, on-line.

BOWMAN, D.C.; EVANS, R.Y.; PAUL, J.L. Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide gels and affect physical properties of gel-amend container media. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.115, n.3, p.382-386, 1990.

BRUNINI, O.; CARDOSO, M. Efeito do déficit hídrico no solo sobre o comportamento estomático e o potencial da água em mudas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1053 – 1060, 1998.

BUZETTO, F.A.; BIZON, J.M.C.; SEIXAS, F. **Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de Eucalyptus urophylla em pós-plantio 2002**. Disponível em:

<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr195.pdf>. Acesso em: 01 julho de 2016.

CAIRO, P. A. R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 32 p. 1995.

CALORI, J.V. KIKUTI, P. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos 20 anos de idade. In: **IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURA AND IMPROVEMENT ON Eucalyptus**, 1997, Salvador. Proceedings. Salvador:Embrapa; IPEF; SIF; SEAGRI-DDF, 1997. v. 3, p. 321–326.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extríavel e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.183-188, 1995.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/ FUPEF/UENF, 1995.451 p.

CARNEIRO, R.L. de C.; RIBEIRO, A.; HUAMAN, C.A.M. y; LEITE, F.P.; SEDIYAMA, G.C.; NEVES, J.C.L. Consumo de água em plantios de eucalipto: parte 2 modelagem da resistência estomática e estimativa da transpiração em tratamentos irrigados e não-irrigados. **Revista Árvore**, v.32, p.11-18, 2008.

CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. 2000. 129 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

CASAROLI, D.; I; VAN LIER, Q.J. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, V.32,n.1, p.59-66,2008

CASTRO, E. M. de; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009.

CHAVES, J.H.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; NEVES, J.C.L.; PEZZOPANE, J.E.M.; POLLI, H.Q. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p. 333-341, 2004.

CHAVES, M.M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M.L.; RICARDO, C.P.P.; OSÓRIO, M. L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water

stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, London, v.89, n.2-3, p.907-916, 2002.

CHAVES, M.M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551–560, 2009.

CHAVES, J.H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos.** 2001.125 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa., Viçosa, 2001.

CHEN, J.W; ZHANG, Q.; LI, X.S.; CAO, K.F. Gas exchange and hydraulics in seedlings of *Hevea brasiliensis* during water stress and recovery. **Tree Physiology**, v.30, p.876-885, 2010.

CORNIC, G. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture – not by affecting ATP synthesis. **Trends in Plant Science**, 187-188, 2000.

CRUZ, J.L. **Efeitos de níveis de nitrato sobre o metabolismo do nitrogênio, assimilação do CO₂ e fluorescência da clorofila a em mandioca.** 2001. 87f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; CARVALHO, J. E. B. DE; SOUZA FILHO, L.F. da S.; Queiroz, D. C. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro “Golden”. **Ciência Rural**, v.37, p.64-71, 2007.

DARROW, W. K. Selection of eucalypt species for cold and dry areas in South Africa. In: **CRCTHF-IUFRO CONFERENCE**,1995, Hobart. Eucalyptplantations :improving fibre yield and quality. Hobart: CRC,995. p. 336-338. Disponível em: <<http://www.forestry.crc.org.au/iufro95.htm#theme2>>. Acesso em: 10 Jul .2015.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. **A.Produção de sementes e mudas de espécies florestais.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. p.83-124.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S.; LOPES, P.P. **Soil water retention curve.** SWRC, version 3.00. Piracicaba, 2001.

DRANSKI, J. A. L. **Sobrevivência e crescimento inicial de pinhão-manso em função da época de plantio e do uso de hidrogel.** 2010. 57p. Dissertação (Mestrado em gronomia). Universidade do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2010.

DRANSKI, J. A. L.; PINTO JUNIOR, A. S.; CAMPAGNOLO, M. A.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-manso em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.537–542, 2013.

ELOY,E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 373 -384, 2013.

ELLSWORTH, D.; OREN, R.; HUANG,C.; PHILLIPS.; HENDREY, N.H. Leaf and canopy responses to elevated CO₂ in a pine forest under free air CO₂ enrichment. **Oecologia**, v.104, p.139-146, 1995.

EL-SHARKAWY, M.A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, p.257-286, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Curitiba, PR). **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina**. Curitiba, 1988. 113p. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 21).

EMBRAPA. Cultivo do Eucalipto. Embrapa Florestas. Sistemas de Produção, ISSN 1678-8281. Versão Eletrônica Ago/2003. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/index.htm>. Acesso em: 10 de dezembro de 2016.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA s.a. – EPAGRI / Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina - CIRAM , 2002.

EVANS, J.R. Photosynthesis and nitrogen relationship in leaves of C3 plants. **Oecologia**, Berlim, v.78, n.1, p.9-19, 1989.

FAO. **El eucalipto em la repoblacion florestal**. Roma, 1981. 723p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Eucalypts for Planting**. n. 11. Rome, 1979.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations – Forest & Landscape Denmark – FLD. International Plant Genetic Resources Institute – IPGRI. **Forest genetic resources conservation and management**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute; 2004.

FAVARIN, J.L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; VILLA NOVA, N.A.; FAVARIN, M.G.G.V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773. 2002.

FELIPPE, D.; NAVROSKI, M.C.; SAMPIETRO, J.A.; FRIGOTTO, T.; ALBUQUERQUE, J.A.; MOTA, C. S.; PEREIRA, M.O. Efeito do hidrogel no crescimento de mudas de *Eucalyptus benthamii* submetidas a diferentes frequências de irrigação. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 46, n. 2, p. 215-225, 2016.

FERNANDES, C.; CORA, J. E. **Substratos hortícolas**. Cultivar HF, p. 32-34, 2001.

FERNÁNDEZ, M. et al. Adaptación a la sequía y necesidades hídricas de *Eucalyptus globulus* Labill. en Huelva. **Boletín del CIDEU**, Huelva, v.9, n.8, p.31-41, ago. 2010.

FERREIRA, C. A. G.; DAVIDE, C.A.; CARVALHO, L.R. Relações Hídricas em Mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., em Tubetes, Aclimatadas por Tratamentos Hídricos. **Revista Cerne**, v. 05, n 02, p. 95-104, 1999.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA FILHO A.S. Caracterização morfológica e enzimática de isolados de *Corynespora cassiicola* e reação de cultivares de soja à mancha-alvo. 2012. 84 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

FERREIRA,M. G. M. An analysis of the future productivity of Eucalyptus grandis plantations in the “cerrado” region in Brasil: a nutrient cycling approach. 1984. 230 f.Thesis (Ph.D. in Crop Science) - University of British Columbia, Vancouver, 1984.

FERNANDES, E. R. P. Hidrogel e turno de rega no crescimento inicial de eucalipto. 35 p. 2010. Dissertação. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 2010.

FERNANDES, E.T; Fotossíntese e Crescimento Inicial de Clones de Eucalipto sob Diferentes Regimes Hídricos.. Dissertação. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.2012

FILHO, E.P.; SANTOS, P.E.T. Considerações sobre o plantio de *Eucalyptus dunnii* no estado do Paraná. Comunicado Técnico Embrapa, Colombo, PR, n. 141, 2005.

FLANNERY, R.L.; BUSSCHER, W.J. Use of a synthetic polymer in potting soil to improve waterholding capacity. **Communicationin Soil Science Plant**, v.13, n.2, p.103-111, 1982.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; ESCALONA, J.M.; SAMPOL, B.; MEDRANO, H. Effects of drought on photosynthesis in grapevine under field conditions. **Functional Plant Biology**, v. 29, p. 461-471, 2002.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; GALMÉS, J.; MEDRANO, H.; RIBAS-CARBO, M. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. **Physiologia Plantarum**, v.127, p.343-352, 2006

FLOSS, E. L. Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê. Passo Fundo: UPF, 2004. 536 p.

FLOSS, E. L. Palestras. In:Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. Passo Fundo: UPF, p. 20-26, 2011.

FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V. ; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F. ; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto.** Viçosa: Editora UFV, 2010.

FOELKEL, C. Propriedades papeleiras das árvores, madeiras e fibras celulósicas dos eucaliptos. In: ***Eucalyptus Online Book***, cap.14, 2009. 110p.

GATTO, A.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; LEITE, H.G.; VILLANI, E.M.A. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.35, n. 4, p. 895-905, jul./ago. 2011.

FLEXAS J, BARBOUR MM, BRENDL O, CABRERA HM, CARRIQUÍ M, DÍAZ-ESPEJO A, DOUTHE C, DREYER E, FERRIO JP & GAGO J. Mesophyll diffusion conductance to CO₂: An unappreciated central player in photosynthesis. **Plant Science**, 193:70-84, 2012.

FRANCO A.C., BUSTAMANTE M., CALDAS L.S., GOLDSTEIN G., MEINZER F.C., KOZOVITS A.R., RUNDEL P. e CORADIN V.T.R. 2005. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. **Trees** 19:326-335.

GERIK, T.J.; FAVER, K.L.; THAXTON, P.M. et al. Late season water stress in cotton: I. Plant growth, water uses, and yield. **Crop Science**, Madison, v.36, p.914-921, 1996.

GERVÁSIO, E.S.; FRIZZONE, J.A. Caracterização físico-hídrica de um condicionador de solo e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. **Revista Irriga**, Botucatu, v.9, n.2, p.94-105, 2004.

GHOLZ, H. L.; EWEL, K. C.; TESKEY, R. O. Water and Forest productivity. **Forest Ecological Management**, Amsterdam, v. 30, p. 1-18, 1990.

GOOD, N.E.; BELL, D.H. **Photosynthesis, plant productivity, and crop yield.** In: **The Biology of Crop Productivity**. London: Academic Press, 1980. p.3 –51.

GOLDMANN, I.L.; CARTER, T.E. Jr., PATTERSON, R.P. A detrimental interaction of subsoil aluminum and drought estress on the leaf water status of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.3, p.461-463, 1989.

GOUVÊA, C. A. et al. Seleção fenotípica por padrão de proporção de casca de rugos resistente em árvores de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, visando formação de população base de melhoramento genético: qualidade da madeira. In: **infro conference on silviculture and improvement of *Eucalyptus***, 4., 1997, Salvador. Proceedings. Colombo: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisas de Florestas, 1997.v.1. p. 355-360.

GOMES, J. L.; SILVA, A. R. da. Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. **Anais do IV Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Viçosa, 2004. Viçosa, p. 190-225, 2004.

GOMES, R. T. **Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus spp.*na região de cerrado de Minas Gerais**. 1994. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa -MG.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology Management**: (193): 45-61, 2004.

GONÇALVES, M. R. **Crescimento, acúmulo de nutrientes e temperatura de copa em cinco espécies de *Eucalyptus spp.* sob dois regimes hídricos**.Viçosa, 1992. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

GONÇALVES, M.R.; PASSOS, C.A.M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, 10:145-161, 2000.

GONÇALVES, M. R. **Crescimento, acúmulo de nutrientes e temperatura de copa em cinco espécies de *Eucalyptus spp.* sob dois regimes hídricos**.Viçosa, 1992. 84 p.Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

GROSSNICKLE, S.C. Importance of root growth in overcoming planting stress. **New Forests** 30: 273-294,2005.

HAASE, D. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planter's Notes**. United States: Department of Agriculture/ Forest Service, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

HASSE, G. **Eucalipto: histórias de um imigrante vegetal.** Porto Alegre: Já editoras, 2006.127 p.

HENDRICK, R. L.; PREGITZER, K. S. Temporal and deep-related patterns of fine root dynamics in northern hardwood forests. **Journal of Ecology**, v.84, n.1, p.167-176, 1996.

HIGA, R.C.V.; PEREIRA, J.C.D. **Usos potenciais do Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage.** Colombo: Embrapa Florestas-CNPF. 2003. 4 p. (EMBRAPA. Comunicado Técnico, 100).

HIGA, A. R.; CARVALHO, P. E. R. Sobrevivência e crescimento de doze espécies de eucalipto em Dois Vizinhos, Paraná. **Silvicultura**, São Paulo, v. 2, n. 42, p. 459-461, 1990.

HUTTERMANN, A.; ZOMMORODI, M.; WANG, S. The use of Hydrogels for afforestations of difficult stands: Water and salt stress. Afforestation in semi-arid regions- Findings and Perspectives, **Proceedings**, International Symposium in the Peoples Republic of China, 167-174. 1997.

HUTTERMANN, A.; ZOMMORODI, M.; REISE, K. Addition of hidrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus Heleensis* seedlings subjected to drought. **Soil & Tillage Research**, Cornelius, v.50, p.295-304, 1999.

IBÁ, **Indústria Brasileira de árvores:** ano base 2016/IBÁ. Brasília/DF, 2016. 100 p.

INOUE, M. T.; MARTINS, E. G. Variação sazonal da fotossíntese e clorofila em progêneres de *Grevillea robusta* Cunn. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.8, p.113-124, 2006.

JABEEN, F.; SHAHBAZ, M.; ASHRAF, M. Discriminating some prospective cultivars of maize (*Zea mays* L.) for drought tolerance using gas exchange characteristics and proline contents as physiological markers. **Pakistan Journal of Botany**, Islamabad, v. 40, n. 6, p. 2329-2343, 2008.

JAEGER, P.; ZIGER, M. Avaliação das propriedades mecânicas de painéis compensados de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus dunnii/Pinus taeda*. **RevistaCerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 329-338, 2007

JOVANOVIC, T.; ARNOLD, R.; BOOTH, T. Determining the climatic suitability of *Eucalyptus dunnii* for plantations in Australia, China and Central and South America. **New Forests**, v. 19, n. 3, p. 215-226, 2000.

JOVANOVIC, T.; BOOTH, T. H. **Improved species climatic profiles**. Australia: Union Offset Printing: Joint Venture Agroforestry Program, Rural Industries Research and Development Corporation, 2002. 68 p.

JOVANOVIC, Z.; STIKIC, R.; PROKIC, L.; SUKALOVIC, V.H.T. Effects of N deficiency on leaf growth and cell wall peroxidase activity in contrasting maize genotypes. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.265, n.1-2, p.211-223, 2004.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. 452 p.

KLEIN, V.A, SIOTA, T.A, ANESI AL, BARBOZA, R. Propriedades físico-hídricas de substratos hortícolas comerciais. **Revista Brasileira de Agrociência**, 2000, 218-221.

KLEIN, V. A.; DIAS, S. T.; CAMARA, R. K.; SIMON, M. A. Quantificação da retenção de água por polímero hidroretentor. In: FURLANI, A. M. C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p. 77.

KLUTE, A. Water retention: Laboratory methods. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2 ed. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986, 660 p.

LACLAU, P.B.; SINFORIANO, D.R.J.; MATHIAS, C.; YANN, N.; JEAN-PIERRE, B.; PICCOLO, C.M.; MOREIRA, M.Z.; GONÇALVES, M.J.L.; ROUPSARD, O.; LACAU, J.P. Potassium fertilization increases water-use efficiency for stem biomass production without affecting intrinsic water-use efficiency in *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 364, p.77–89, 2016.

LAMBERS, H.; POORTER, H. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecology Research** 23: 187-261, 1992.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Ed. Rima, 2006. 531p.

LAWLOR, D.W. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. **Annals of Botany**, Oxford, v.89, n.2-3, p.871-885, 2002.

LEITE, F.P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e luminicas em povoamentos de Eucaliptus grandis em diferentes densidades populacionais**. 90 p. Dissertação (Mestrado em solos e Nutrição de plantas)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

LEITE, N.B.; FERREIRA, M.; RAMOS, P. G. D.Efeito de geadas sobre diversas espécies e procedências de *Eucalyptus* spp introduzidas na região de Lages -Santa Catarina. Piracicaba: IPEF, 1973. p. 123. (IPEF. Circular Técnica, 7).

LIBERATO, M.A.R.; GONÇALVES, J.F.C.; CHEVREUIL, L.R.; NINA JUNIOR, A.R.; FERNANDES, A.V.; SANTOS JUNIOR, U.M. Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll a fluorescence in acarigua seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, p.315-323, 2006.

LI, C.; BERNINGER, F.; KOSKELA, J.; SONNINEN, E. Drought responses of *Eucalyptus microtheca* provenances depend on seasonality of rainfall in their place of origin. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v.27, n.3, p.231-238, 2000

LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. **Scientia Horticulturae**, v. 102, p. 15-27, 2004.

LIMA, E. A. de; SILVA, H. D da; LAVORANTI, O. J. Caracterização dendroenergética de árvores de *Eucalyptus benthamii*. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 31, n. 65, p. 09-17, 2011.

LOBÃO, M.S.; LÚCIA, R. M. D.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p.889-894, 2004.

LONG, S. P.; HUMPHRIES. S.; FALKOWSKI, P. G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 45, p. 633-662, 1994.

LOPES, J. L. W.; SILVA, M.R.; SAAD, J.C.C.; ANGÉLICO, T.S.Uso de hidrogel na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 217-224, 2010.

LOPES, J. L. W.; GERRINI, I.A.; SAAD,J.CC. Qualidade de mudas de eucalypto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.31, n.5,p.

LOPES, J. L. W. **Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos.** Tese de Doutorado em Irrigação e Drenagem – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008. 181 p.

LORETO F, CENTRITTO M .; CHARTZOULAKIS K. Photosynthetic limitations in olive cultivars with different sensitivity to salt stress. **Plant Cell and Environment**, 26:595-60, 2003.

LUDLOW, M.M.; MUCHOW, R.C. A critical evaluation of trits for improving crop yields in water-limited environments. **Advance in Agronomy**, São Diego, v.43, p.107-153, 1990.

MAESTRI, R. **Modelo de crescimento e produção para povoamentos clonais de *Eucalyptusgrandis* considerando variáveis ambientais.** 2003.143 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia Vegetal**. EPU/EDUSP, São Paulo. 1979. v. 1, p. 331-350.

MARAÑON, T.; GRUBB,J. 1993. **Physiological basis na Variabilidade das leituras de tensiômetros e sonda de nêutrons em experimentos de manejo de irrigação.** 1995. 149 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

MARCIANO, M.C. **Variabilidade das leituras de tensiômetros e sonda de nêutrons em experimentos de manejo de irrigação.** 1995. 149 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

MARTIM, S. A.; SANTOS, M. P.; PEÇANHA, A. L.; POMMER, C.; CAMPOSTRINI, E.; VIANA, A. P.; FAÇANHA, A. R.; BRESSAN-SMITH, R. Photosynthesis and cell respiration modulated by water deficit in grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Cabernet Sauvignon. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.21, p.95-102, 2009.

MARTINS, F.C.G.; IKEMORI, Y.K. Produção de híbridos de eucalipto na Aracruz. **Reunião sobre técnicas para produção de híbridos**, Piracicaba: IPEF, 1987. 75p.

MARTYN, W.; SZOT, P. Influence of superabsorbents on the physical properties of horticultural substrates. **International Agrophysics**, n.15, p.87-94, 2001.

MASEDA, P.H.; FERNÁNDEZ, R.J. Growth potential limits drought morphological plasticity in seedlings from six *Eucalyptus* provenances. **Tree physiology**, v. 36, n. 2, p.243-251, 2016

MATOS, F.S. Eucalyptus urocan drought tolerance echanisms. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 18, p. 1617-1622, 2016.

MEINZER, F.C.; GOLDSTEIN, G.; HOLBROOK, N.M. Stomatal and environmental control of transpiration in a lowland tropical forest tree. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.16, p.429-36, 1993.

MELO, V.F. **Relação entre a reserva mineral de solos e a produção e nutrientes em povoamentos de *Eucaliptus saligna* Smith, no Rio Grande do Sul.** 1994. 145 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F.J.A.F.; PITOMBEIRA, J.B.; NOGUEIRA, R.J.M.C . Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica** , v. 38, n. 1, p.95-103, 2007.

MYERS, B.J., LANDSBERG, J.J. Water stress and seedlings growth of two eucalyptus species from contrasting habitats. **Tree Physiol.**, 5(2):207-218, 1989.

MIELKE, M. S., OLIVA, M. A., BARROS, N. F., PENCHEL, R. M., MARTINEZ, C. A., ALMEIDA, A. C. Stomatal control of transpiration in the canopy of a clonal *Eucalyptus grandis* plantation. **Trees: Structure and Function**, Berlin, v.13, p.152 -160. 1999.

MONTANARI, R.; CAMPOS, M. C. C.; CAVALCANTE, I. H. L. Níveis de resíduos de metalurgia e substratos na formação de mudas de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 59-66, 2007.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000.

MORAIS, O. **Efeito do uso de polímero hidrorretentor no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*)**. 2001. 73 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queirós”, Piracicaba, 2001.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 83 p.

MOTA , S.C. **Características fotossintéticas da palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata (jacq.) lodd. ex mart.*) submetidas à deficiência hídrica**. 2011. 85 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

MOURA, V. P. G.; GUIMARAES, D. P. Produção de mudas de *Eucalyptus* para o estabelecimento de plantios florestais. Brasilia: Embrapa, 2003. 9 p. (Embrapa, Comunicado Técnico, 85).

MYERS, B.J., LANDSBERG, J.J. Water stress and seedlings growth of two eucalyptus species from contrasting habitats. **Tree Physiol.**, 5(2):207-218, 1989.

NGUGI, M. R.; HUNT, M.A.; DOLEY, D.; RYAN,P.; DART, P. Selection of species and provenances for low-rainfall areas: physiological responses of *Eucalyptuscloeziana* and *Eucalyptus argophloia* to seasonal conditions in subtropical Queensland. **Forest Ecology and Management**, v.193, n.1-2, p.141-156, 2004.

NAVES, C. C.; FRANCO, A. C.; BUCCI, S. J.; GOLDSTEIN, G. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre - verdes no campo sujo e cerradão. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.119-134, 2000.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; CUNHA, F. S.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Influência do polímero hidroretentor na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus dunnii* sob diferentes manejos hídricos. **Revista Nativa**, Sinop, v. 2, n. 2, p. 108 - 113, 2014.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, S. F.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 467 - 476, 2015.

NIMAH, N.M.; RYAN, J.; CHAUDHRY, M.A. Effect of synthetic conditioners on soil water retention, hydraulic conductivity, porosity, and aggregation. **Soil Science Society of America Journal, Madison**, v.47, n.1, p.742-745, 1983.

NOBEL, P.S. Physicochemical and environmental plant physiology. San Diego: Academic press. p. 635, 1991.

NOGUEIRA,R. J. M.C.; ALBUQUERQUE, M. B. & SILVA, E. C. **Aspectos ecofisiológicos de tolerância à seca em plantas da Caatinga In: Estresses Ambientes: Danos e Benefícios.** NOGUEIRA,R. J. M.C; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO,L. G. e CAVALCANTE, U. M. T.(Org.). (eds) Recife, p. 22-31, 2005.

NOGUEIRA, R. J. M.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Curso diário do potencial hídrico foliar em cinco espécies da caatinga. **Revista Ecossistema**.V. 23, p 73-77. 1998

NICOLETTI, M. F; NAVROSKI, M. C.; ANDRIOLLO, K.; PEREIRA, M. O.; FRIGOTTO, T. Efeito do hidrogel no enraizamento e crescimento inicial de miniestaca do híbrido *Eucalyptus urograndis*. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 7, n. 4, p. 353 - 361, 2014.

NISGOSKI, S.; MUNIZ, G. I. B.; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Mainden et Cambage. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 76, 1998.

O'GRADY, A.P.; WORLEDGE, D. BATTAGLIAB, M. Constraints on transpiration of *Eucalyptus globulus* in southern Tasmania, Australia. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, n. 3, p. 453–465, 2008

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.25, p86-95, 2005.

OLIVEIRA, J.G. Programa de Melhoramento de *Eucalyptus* spp na Rigesa. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLANDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1988: Curitiba. Anais...Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1988. p. 155-161.

OLIVEIRA,R.A.; REZENDE,L.S., MARTINEZ, M.A.; MIRANDA, G.V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v 8, n.1,p.160-163,2004.

OLIVETTI NETO, A. Qualidade de Cavacos de Eucalipto para Obtenção de Celulose Kraft. 2007. Disponível em :<<http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/DocBank/dc/dc403.pdf>>. Acesso em 15 de outubro de 2015.

O'NEILL, P.M.; SHANAHAN, J.F.; SCHEPERS, J.S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Science**, Madison, v. 46, n. 2, p. 681-687, 2006.

OTIENO, D. O.; SCHIMIDT, M. W.; ADIKU, A.; TENHUNEN, J. Physiological and morphological responses to water stress in two *Acacia* species from contrasting habitats. **Tree Physiology**, v. 25, n. 3, p. 361-371, 2005.

OTTO, M.S.G.; HUBBARD, R.M.; BINKLEY, D.; STAPE, J.L. Dominant clonal *Eucalyptus grandis* x *urophylla* trees use water more efficiently. **Forest Ecology and Management**. v. 328, p. 117-121, 2014.

OSÓRIO, J.; OSÓRIO, M. L.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Water deficits are more importantin delaying growth than in changing patterns of carbon allocation in *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v. 18, p. 363-373, 1998.

PALMER, S.J.; BERRIGDE, D.M.; Mc DONALD, A.J.S.; DAVIES, W.J. Control of leaf expansion in sunflower (*Helianthus annus* L.) by nitrogen nutrition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.47, n.3, p.359-368, 1996.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P.E.T. Considerações sobre o plantio de *Eucalyptus dunnii*, no estado do Paraná. Colombo-PR: EMBRAPA, 2005. 7p. (Comunicado Técnico, 141)

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: EmbrapaFlorestas - CNPF, 2006. 45 p. (Documentos, 129).

PEAK, D.; WEST, J. D.; MESSINGER, S. M.; MOTT, K. A. Evidence for complex, collective dynamics and emergent, distributed computation in plants. **PNAS**, v. 101, n. 4, p. 918-922, 2004.

PEEVA, V., CORNIC, G. 2009. Leaf photosynthesis of Haberlearhodopensis before and during drought. **Environmental and Experimental Botany**, v. 65, n. 2-3, 2009.

PEIXOTO, C. P. **Curso de fisiologia vegetal**. Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas. 177 f, impressão eletrônica, 2011.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Características da madeira de algumas Espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PEREIRA, M.R.R.; KLAR, A.E.; SOUZA, R.A.; FONSECA, N.R. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Irriga**, v. 11, n. 4, p. 518-531, 2006.

POORTER, H., REMKES, C.; LAMBERS, H. 1990. Carbon and nitrogen economy of 24 wild species differing in relative growth rate. **Plant Physiology** 94: 621-627.

POORTER H.; GARNIER E. Ecological significance of inherent variation in relative growth rate and its components. In **Handbook of functional Plant Ecology**, pp. 81-120. Marcel Dekker, Inc., New York. 1999.

PREVEDELLO, C.L.; BALENA, S.P. Efeitos de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 251-258, 2000.

PREVEDELLO, C. L.; LOYOLA, J. M. T. Efeito de polímeros hidroretentores na infiltração da água no solo. **Scientia Agraria**, Curitiba , v. 8, n. 3, p. 313 - 317, 2007.

PRYOR, L. D. **A classification of the eucalypts**. Canberra, Australian National University, 1971. 102 p.

PRYOR, L. D. **Australian endangered species: Eucalyptus**. Canberra: Commonwealth of Australia. 1981. 139 p

RADIN,J.W.; BOYER, J.S. Control of leaf expansion by nitrogen nutrition in sunflower plants. Roleof hydraulic conductivity and turgor. **Plant Physiology**, Rockville, v.69,n.3, p.771-775, 1982.

REIS, G. G. DOS; REIS, M. DAS G. F.; FONTAN, I. DA C. I.; Monte, M. A.; Gomes, A. N.; Oliveira, C. H. R. de. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp. submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, v.30, p.921-931, 2006.

REIS, M. G. F.; FERREIRA,M.G. Acúmulo de biomassa em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, v.9, n.2, p.149-162, 1985.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.**Fisiologia da brotação do eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas**. Série Técnica IPEF, v. 11, n. 30, p. 9-22, 1997.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo: protótipos e testes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 1931 - 1935, 2006.

REPELLIN,A.; Daniel, C.; Zuiily -Fodil, Y. Meritsof physiological tests for characterizing the performance of different coconut varieties subjected to drought. **Oleagineux**, 49: 155-167, 1994.

REZENDE, L.S. **Efeito da incorporação de polímeros hidroabsorventes na retenção de água de dois solos.** 2001.74 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ROBERTS, S. et al. Predicting the water use of *Eucalyptus nitens* plantation sites in Tasmania from inventory data, and incorporation of water use into a forest estate model. **Forest Ecology and Management**, v. 343, p. 110–122, 2015

RONG-HUA, L.I.; PEI-POL, G.U.O.; BAUMZ, M.; GRANDO,S.; CECCARELLI, S. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. **Agricultural Sciences in China**, Oxford, v. 5, n. 10, p. 551-557, 2006.

ROZA, F. A. **Alterações morfológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas à deficiência hídrica.** 2010. 67pg. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)- Curso de Pós Graduação em Produção Vegetal- Universidade Estadual de Santa Cruz., Ilhéus, BH.

SAAD, J. C. C.; LOPES, J. L. W.; SANTOS, T. A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.404-411. 2009.

SALLA, L.; RODRIGUES, J. C.; MARENCO, R. A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 159-161, 2007.

SANCHES, L.V.C. **Aplicação de polímero hidroretentor no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus grandis*.** 2013. 108 p.Tese (Doutorado em agronomia) –Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agronômicas Câmpus de Botucatu.

SANT' ANNA, H. L. S. **Aspectos fisiológicos de variedades de citros submetidas à deficiência hídrica progressiva.**2009. 84p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Curso de

Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas -BA.

SANTOS, A. F.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. **Doenças do Eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle.** Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 20 p. (Embrapa Florestas.Circular Técnica, 45).

SANTOS, M. G. et al. Photosynthetic parameters and leaf water potential of Five common beans genotypes under mild water deficit. **Biologic Plantarum**, v. 53, n. 2, p. 229-236, 2009.

SARVAS, M.; PAVLENDA, P.; TAKÁCOV, E. Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. **Journal of Forest Science**, Bethesda, v. 5, n. 53, p. 204-209, 2007.

SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; RIGONI, M.R.; SCALON FILHO, H. 2003. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, 27 (6): 753-758.

SCHMIDT-VOGT, H. Morpho-physiological quality of forest tree seedlings: the present international status of research. In: Simpósio internacional sobre métodos de produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais. Curitiba, 1984, **Anais...** p. 366-378. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1984.

SILVA, D.L.; HIGA. R.A.; SANTOS A.G. **Silvicultura e melhoramento genético do *Eucalyptus benthamii*.**Curitiba: Fupef,2012.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa-de-vegetação. **Revista Ceres** , v.50, n. 288, p. 203-217, 2003.

SILVA, W, SILVA, A.A., SEDIYAMA, T. ANTÔNIO, A.C. Biomassa e área foliar em mudas de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis*, em resposta a diferentes teores de água no solo e convivência de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agrop. Gaúcha**, v.5,n.1, p. 29-36, 1999.

SILVA, E. T. do; E, TOSCANI. Efeito da adição de polímero hidroretentor na temperatura de três diferentes substratos, em uma casa de vegetação com controle de temperatura e

umidade relativa do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBEA/UFC, 2000.

SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.A.; CARDOSO, A.A. Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com braquiária. **Revista Floresta**, v. 34, n. 3, p. 325-335, 2004.

SILVA, M. R.; KLAR, A. E.; PASSOS, J. R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex. Maiden). **Revista Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 31-40, 2004

SINCLAIR, T.R.; LUDLOW, M.M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Aust. J. Plant Physiol.**, 13:319-340, 1986.

SITA, R.C.M.; REISSMANN, C.B.; MARQUES, C.; OLIVEIRA, E.; TAFFAREL, A.D. Effect of polymers associated with N and K fertilizer sources on *Dendrathema grandiflorum* Growth and K, Ca and Mg relations. **Brazilian Archives o of Biology and Technology**, Brasília, v.48, n.3, p.335-342, 2005.

SIVAPALAN, S. Effect of polymer on soil water holding capacity and plant water use efficiency. In: AUSTRALIAN AGRONOMY CONFERENCE,10, 2001, Hobart, Tasmania, Australia. Proceedings...Hobart, Tasmania: Australian Society of Agronomy, 2001.

SOUZA, A.J.J. **Polímero Hidroretentor no crescimento inicial do cafeeiros irrigados.** Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 107 p. 2014.

SOUZA, C.A. de; OLIVEIRA, R.B. de; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J.S. de S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.243-249, 2006.

SPIER, M. Obtenção da curva de retenção de água pelo método da pressão positiva. In: VI Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas, Fortaleza. Resumo expandido. Fortaleza: Embrapa/CNPAT, 2008.

STAPE, J.L. Production ecology of clonal eucalyptus plantation in northeastern Brazil.
2002. 225f. Tese (Pós Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade do Colorado, Fort Collins, 2002.

STONEMAN, G.L., TURNER, N.C., DELL, B. Leaf growth, photosynthesis and tissue water relations of greenhouse-growth *Eucalyptus marginata* seedlings in response to water deficits. *Tree Physiol.*, v.14, p.633-646, 1994.

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil: a historical overview and its increasing importance. **New Forests** pg 19-41, 2001.

STRECK, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & HORN, R. Relações do parâmetro s para algumas propriedades físicas de solos do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 32:2603- 2612, 2008.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 128p.

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

SUTCLIFFE, J.F. **As plantas e a água**. São Paulo: EPU, 1980.126 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 918 p

TATAGIBA, S. D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

TATAGIBA, S.D. et al. Variabilidade diurna e sazonal das trocas gasosas e do potencial de água das folhas de clones de *Eucalyptus*. **Engenharia na Agricultura**, v. 16, n. 2, p. 225-237, 2007.

TATAGIBA, S. D ; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F.; PENCHEL, R. M. Desempenho de clones de eucalipto em resposta a disponibilidade de água no substrato. **Revista Engenharia na agricultura**, v. 17, n. 3, p. 179-189, 2009

TATAGIBA, S.D.; PEZZOPANE, J.E.M; REIS, E.F. Relações hídricas e trocas gasosas na seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo. **Revista Floresta**, v. 38, n. 2, p. 387-400, 2008.

TARDIEU, F.; SIMMONNEAU, T. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modeling isohydric and anisohydric behaviours. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, p.419-432, 1998.

TEZARA, W.; MITCHELL, V.; DRISCOLL, S. P.; LAWLOR, D. W. Effects of water deficit and its interaction with CO₂ supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.53, n.375, p.1781-1791, 2002.

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

THINLEY, C.; PALMER,G.; VANCLAY, J.K.; HENSON, M. Spiral and interlocking grain in *Eucalyptus dunnii*. **School of environment, Scienc and Engineering**. Werkstoff, v. 63, n. 5, p. 372-379, 2005.

TOHIDI, M. H. R.; SHIRANI, R. A. H.; NOUR, M.; HABIBI, D.; MODARRES S. A. M.; MASHHADI M, A. B.; DOLATABADIAN, A. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 243 - 250, 2009.

TONELLO, K.C.; TEIXEIRA FILHO, J. Transpiração e condutância estomática de *Eucalyptus* sp em resposta à radiação global e diferentes condições hídricas. **Revista Irriga**, v. 18, n. 4, p. 607-623, 2013.

TORRES, J. A. P.; SCHIAVINATO, M. A. Crescimento, eficiência fotossintética e eficiência do uso da água em quatro espécies de leguminosas arbóreas tropicais. **Hoehnea**, v. 35, n. 3, p. 395-404, 2008.

TURNER, N.C. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions. II. At low soil water potential. **Plant Physiology**, Rockville, v.53, n.3, p.360-5, 1974.

VALDÉS, A.E. IRAR, S.; MAJADA, J.; PAGES, M. Drought tolerance acquisition in *Eucalyptus globulus*(Labill.): A research on plant morphology, physiology and proteomics. **Journal of Proteomics**, v. 79, p. 263–276, 2013.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.41, p.892-898, 1980.

VAN VOLKENBURGH, E. Leaf expansion – an integrating plant behavior. Commissioned review. **Plant, Cell and Environment**, v.22, p.1463-1473, 1999.

VALE, G.F.R.; CARVALHO, S.P.; PAIVA, L.C. Avaliação da eficiência de polímeros hidroretentores no desenvolvimento do cafeiro em pós-plantio. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n. 1, p.7-13, 2006.

VALLONE, H. S.; GUIMARÃES, R J.; SOUZA, R.; DIAS, F.P.; OLIVEIRA, S. Substituição do substrato comercial por casca de arroz carbonizada para produção de mudas de cafeiro em tubetes na presença de polímero hidroretentor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 593-599, 2004.

VELLINI, A.L.T.T.; PAULA, N.F.de; ALVES, P.L.da.C.A.; PAVANI, L.C.; BONINE, C.A.V.; SCARPINATI, E.A.; PAULA, R.C.de. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.4, p.651-663, 2008

VIEIRA, G.H.S.; MANTOVANI, E.C.; SEDIYAMA, G.C.; DELAZARI, F.T. Indicadores morfo-fisiológicos do estresse hídrico para a cultura da cana-de-açúcar em função de lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 30, supplement 1, p. 65-75, 2014.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Deposição de serapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 225-233, 2010.

VIERO, W. M. P.; LITTLE, M. K. A comparison of different planting methods, including hydrogel, and their effect on eucalypt survival and initial growth in South Africa. **Southern African Forestry Journal**, Pretoria, v.208, n1, p.5-13, nov. 2006.

VILELA, E.F.; BÜLL, L.T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.23, p.281-289, 1999.

VOS, J.; Van Der PUTTEN, P.E.L. Effect of nitrogen supply on leaf growth, leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in potato. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.59,n.1, p.63-72, 1998.

WANG, X.; FANG, J.; ZHU, B. Forest biomass and root-shoot allocation in northeast China. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 12, p. 4007-4020, Dec. 2008.

WHITE, D. A. Managing for water-use efficient wood production in *Eucalyptus globulus* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 331 p. 272–280, 2014.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. Produção de mudas de espécies lenhosas. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. (Documentos, 130)

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto por estaquia e miniestaquia.** In: **WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto.** Colombo: Embrapa Florestas, 2010. cap. 2, p. 50 - 80.

WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T.; (Ed.). **Estresses ambientais:** danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p.22-31.

WINRER, K., LUTTGE,U. Balance between C3 and CAM pathway of photosynthesis. In: Water and plant life. **Ecological Studies**, Vol.19 Lang, O.L., Kappen, L., Schulze, E.D. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, p 323-332, 1976

XAVIER, T. M. T; PEZZOPANE, J. E. M.; PENCHEL, R. M.; CALDEIRA; M. V. W; KLIPPEL; V. H; TOLEDO, J. V.; SILVA, M. R. Crescimento do eucalipto sob diferentes

níveis de déficit hídrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA, Anais...Búzios-RJ, 2011.

ZANETTI, M. Efeito de diferentes concentrações de citocinina na brotação de gemas de laranjeira Valêncica sobre limoeiro Cravo e citrumeleiro Swingle. **Brazilian Journal of Plant of Plant Physiology**, Campinas, v. 15, p. 223, 2003.

ZONTA, J.H.; BRAUN, H.; REIS, E.F.; PAULUCIO D.; ZONTA, J.B. influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café conillon (*Coffea canephora* Pierre). **Idesia**, v.27, n.3, p.29-34, 2009.