

## INFLUÊNCIA DA LÂMINA DE ÁGUA E CONSUMO HÍDRICO DE CINCO ESSÊNCIAS FLORESTAIS

**JEFFERSON GOMES DA SILVA<sup>1</sup>; CRISTIANO TAGLIAFERRE<sup>2</sup>; ALESSANDRO  
DE PAULA<sup>2</sup>; ODAIR LACERDA LEMOS<sup>2</sup> E FELIZARDO ADENILSON ROCHA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Avenida São João, 99, CEP: 39990-000, Machado Mineiro, Águas Vermelhas, Minas Gerais, Brasil, [jefferson.17gomes@hotmail.com](mailto:jefferson.17gomes@hotmail.com);

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB. Estrada do Bem Querer, Km 4, CP 95, CEP: 45083-900, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil, [tagliaferre@yahoo.com.br](mailto:tagliaferre@yahoo.com.br); [apaula@uesb.edu.br](mailto:apaula@uesb.edu.br); [odairlacerda@hotmail.com](mailto:odairlacerda@hotmail.com);

<sup>3</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, IFBA. CEP 45078-900, Avenida Sergio Vieira de Mello, 3150 - Zabelê, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil, [felizardoar@hotmail.com](mailto:felizardoar@hotmail.com);

### 1 RESUMO

O objeto desse trabalho foi avaliar a influência da lâmina de irrigação no crescimento vegetativo e na produção de fitomassa de cinco essências florestais em estágio inicial de desenvolvimento, assim como determinar a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>). O primeiro experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), no esquema fatorial 5x4, sendo cinco essências florestais: híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (eucalipto), *Toona ciliata* (cedro), *Khaya ivorensis* (mogno), *Spondias tuberosa* (umbu) e *Anadenanthera colubrina* (angico) e quatro lâminas de irrigação: 10, 50, 100 e 150% da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), com três repetições. O segundo experimento foi montado no DIC, utilizando as cinco essências florestais com três repetições. Os vasos foram conectados a recipientes de captação de água para medir a lâmina drenada para calcular a ET<sub>c</sub> e o K<sub>c</sub> de cada espécie. A lâmina de irrigação afetou o desenvolvimento inicial de todas as espécies. Lâminas de irrigação com 150% ET<sub>0</sub> proporcionaram os melhores resultados e lâminas de irrigação inferiores a 100% da ET<sub>0</sub> afetaram o crescimento inicial de todas as espécies avaliadas. Os valores médios de K<sub>c</sub> das espécies foram de 1,25, 1,28, 3,06, 1,85 e 1,25 para angico, cedro, eucalipto, mogno e umbu, respectivamente.

**Palavras-chave:** irrigação, crescimento inicial, evapotranspiração da cultura.

**SILVA, J. G.; TAGLIAFERRE, C.; DE PAULA, A.; LEMOS, O. L.; ROCHA, F. A.  
INFLUENCE OF WATER DEPTHS AND WATER CONSUMPTION OF FIVE  
FORESTRY ESSENCES**

### 2 ABSTRACT

The aim of this study was to assess the influence of irrigation depth on vegetative growth and phytomass production of five forest essences at an early stage of development, as well as to determine crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) and crop coefficient (K<sub>c</sub>). The first experiment was set up in a completely randomized design (DIC), in 5x4 factorial scheme, with five forest essences: *hybrid Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (Eucalyptus), *Toona ciliata*

(cedar), *Khaya ivorensis* (mahogany), *Spondias tuberosa* (umbu) and *Anadenanthera colubrina* (angico) and four irrigation depths: 10, 50, 100 and 150% of the reference evapotranspiration ( $ET_0$ ), with three replications. The second experiment was set up in DIC, using the five forest essences with three replications. The vessels were connected to water collection containers to measure the drained depth and calculate  $ET_c$  and  $K_c$  of each species. The irrigation depth affected the initial development of all species. Irrigation depth with 150%  $ET_0$  provided the best results and irrigation depth below 100%  $ET_0$  affected the initial growth of all species evaluated. The mean values of  $K_c$  of the species were 1.25, 1.28, 3.06, 1.85 and 1.25 for angico, cedar, eucalyptus, mahogany and umbu, respectively.

**Keywords:** irrigation, initial growth, crop evapotranspiration

### 3 INTRODUÇÃO

As florestas são recursos naturais considerados renováveis e imprescindíveis ao homem, a nível econômico, social, ambiental e cultural, mas a expansão populacional e a degradação ambiental têm tornado cada vez mais finitos esses elementos.

O uso de florestas plantadas, tanto de espécies nativas, quanto de espécies exóticas se torna um meio viável para contornar a demanda de produtos madeireiros. Entretanto, para o sucesso comercial desse segmento, é preciso atentar-se às características edáficas e climáticas de cada região, levando-se em conta os fatores limitantes para a produção florestal, como a restrição hídrica. Essas espécies, na maioria das vezes, são introduzidas em locais com alta demanda atmosférica e com índices pluviométricos baixos e irregulares, comprometendo o seu desempenho e sua produtividade.

Nesse contexto, a água possui papel de extrema importância no desenvolvimento dos vegetais, pois de acordo com Stape et al. (2010) e Queiroz et al. (2017) a sua disponibilidade afeta o metabolismo primário e secundário das espécies florestais. Para espécies lenhosas, a redução do status hídrico promove diminuições significativas na taxa de assimilação líquida do  $CO_2$  (A), na condutância estomática (gs) e na

transpiração (E) (ALBUQUERQUE et al. (2013), sendo necessária para a maioria das funções vitais das plantas. Isso torna complexo o efeito da deficiência hídrica sobre as plantas, pois compromete o seu crescimento através da diminuição da turgescência celular e alteração metabólica (LARCHER, 2006; TAIZ e ZEIGER, 2013), induzindo as espécies a passar por processos adaptativos à escassez de água, como a diminuição do potencial hídrico foliar, o fechamento dos estômatos, a redução do teor de água na planta e a diminuição do crescimento celular (JALEEL et al. 2009).

Em contrapartida, o excesso de água pode acarretar uma série de desvantagens para a produção florestal. Lenhard, Scalon e Novelho (2010) citam que, com a saturação do solo, a planta tem seu desenvolvimento afetado através da diminuição do crescimento das raízes e da parte aérea. Além disso, o excesso de água no solo reduz a taxa de oxigênio com a ocupação dos seus poros e a lixiviação de nutrientes solúveis. Para evitar problemas de excesso e escassez de água, é necessário um manejo de irrigação mais racional e eficiente em áreas irrigadas e, para isso, informações sobre a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) são imprescindíveis, conforme relataram Pinheiro et al. (2015).

Assim, pressupondo que exista uma lâmina ideal de água que maximize a

produtividade da planta, aliada à escassez de estudos sobre o efeito de diferentes lâminas de irrigação em espécies florestais na fase inicial, no presente estudo, objetivou-se avaliar a influência da lâmina de irrigação no crescimento vegetativo e na produção de fitomassa de cinco espécies florestais em estágio inicial de desenvolvimento, assim como determinar a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e o seu coeficiente da cultura ( $K_c$ ).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Experimento 1

Este experimento foi desenvolvido em casa de vegetação localizada no campo experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, situada no município de Vitória da Conquista – BA, cujas coordenadas geográficas são 14°51'58" de latitude sul e 40°50'22" de longitude oeste e altitude de 850 m.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), no esquema fatorial 5x4, sendo cinco espécies florestais: híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone AEC 144) (eucalipto), *Toona ciliata* (cedro), *Khaya ivorensis* (mogno) *Spondias tuberosa* (umbu) e *Anadenanthera colubrina* (angico) e quatro lâminas de irrigação: T<sub>1</sub>: 10 % da  $ET_0$ ; T<sub>2</sub>: 50% da  $ET_0$ ; T<sub>3</sub>: 100% da  $ET_0$  e T<sub>4</sub>: 150% da  $ET_0$ , com três repetições, totalizando 60 parcelas experimentais.

O substrato utilizado foi composto por terra de subsolo e esterco bovino, com proporção de quatro partes de terra para uma de esterco. A adubação do solo foi realizada de acordo com as recomendações para plantios comerciais e proporcionalmente para a quantidade de substrato em cada vaso (20 litros) e, durante o experimento, efetuaram-se duas adubações: uma aos 60 e a outra aos 90 dias.

A lâmina de irrigação foi obtida com base na  $ET_0$ , estimada por meio da equação de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998), acrescida das porcentagens estabelecidas nos tratamentos. Os dados climáticos necessários para a determinação da  $ET_0$  foram obtidos com o uso da estação meteorológica automática Davis Vantage Pro 2, instalada dentro da casa de vegetação.

Durante o experimento, foram avaliados mensalmente, por um período de 180 dias, o diâmetro do coleto, medido a 5 cm do solo, por meio de um paquímetro digital e a altura da planta, medida da base do coleto ao ápice, com uma régua graduada. Para as avaliações dessas características, utilizou-se o incremento dos valores, ou seja, a diferença dos valores obtidos entre a medição final e a inicial na ocasião do plantio.

Ao fim do experimento, as plantas tiveram seus órgãos colhidos e separados em folhas, caules e raízes, que foram pesados para a obtenção da matéria fresca e acondicionados em sacos de papel para secagem em estufa, com temperatura de 65 °C, até atingir peso constante para a extração da matéria seca para, posteriormente, calcular as alocações de biomassa nas folhas, caule e raízes.

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos aos testes de homogeneidade, normalidade da distribuição de erros e análise de variância. Para o fator qualitativo, as médias foram submetidas ao teste de médias Skott-Knott a 5% de probabilidade e, para o fator quantitativo, empregou-se a análise de regressão, adotando-se um nível de significância de 5% de probabilidade.

Para a execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa SAEG (Sistemas para Análises Estatísticas e Genéticas), versão 9.1. (SAEG, 2007).

## 4.2 Experimento 2

O experimento 2 foi desenvolvido no campo experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, sendo montado em DIC, composto pelas cinco essências florestais do experimento 1, com três repetições, totalizando 15 parcelas. Foram utilizadas três parcelas sem mudas para determinar a evaporação do solo.

As parcelas experimentais foram compostas por vasos plásticos com capacidade de 20 litros, perfurados no centro e conectados individualmente a recipiente de dois litros, por meio de mangueira de meia polegada, constituindo os minilímetros de drenagem, dispostos equidistantes em três bancadas.

O substrato e as adubações foram definidos de acordo com o experimento 1. O solo foi mantido na umidade correspondente à capacidade de campo por um período de 20 dias, para aclimação das mudas, de modo que, posteriormente, fossem realizadas as avaliações, com intervalo de 30 dias, com duração de 150 dias.

A irrigação e a coleta da água drenada foram realizadas diariamente. A irrigação foi baseada no balanço hídrico do solo, calculada diariamente conforme a Equação 1, que possibilitou obter a evapotranspiração das espécies florestais ( $ET_c$ ). A água de drenagem coletada foi adicionada à água de irrigação seguinte, com o intuito de aproveitar possíveis nutrientes lixiviados durante a drenagem.

$$ET_c = \frac{I + P - D}{s} \quad (1)$$

Onde:

$ET_c$  = Evapotranspiração da cultura ( $\text{mm d}^{-1}$ );

I = Irrigação do vaso (L);

P = Precipitação pluviométrica (L);

D = Água drenada do vaso (L);

S = Área do vaso ( $\text{m}^2$ ).

A  $ET_0$  foi calculada diariamente segundo o modelo de Penman-Monteith – FAO 56 (ALLEN et al., 1998), utilizando dados meteorológicos obtidos por uma estação meteorológica automática instalada próxima ao experimento, em que os parâmetros temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento foram mensurados.

A precipitação pluviométrica foi medida com o uso de um pluviômetro do tipo Ville de Paris, instalado a 1,5 m de altura em relação ao solo, sendo as coletas de água realizadas na manhã seguinte à precipitação. O  $K_c$  de cada espécie foi obtido usando-se a Equação 2.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (2)$$

Adicionalmente, calculou-se o coeficiente duplo da cultura, que consiste em dividir o  $K_c$  em um coeficiente basal de cultura ( $K_{cb}$ ) e um coeficiente de evaporação da água do solo ( $K_e$ ), conforme a metodologia proposta pelo Boletim FAO-56 (ALLEN et al., 1998), que determina o  $K_c$  duplo utilizando a seguinte equação:

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad (3)$$

O  $K_{cb}$  das espécies avaliadas foi determinado de acordo com a equação proposta por Allen et al. (1998):

$$K_{cb} = \frac{ET_c}{ET_0} - K_e \quad (4)$$

O  $K_e$  foi determinado nos vasos com solo descoberto pela diferença entre o volume de água aplicado e o drenado, diariamente. Já a transpiração das espécies foi obtida pela diferença entre a  $ET_c$  e o  $K_e$ .

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

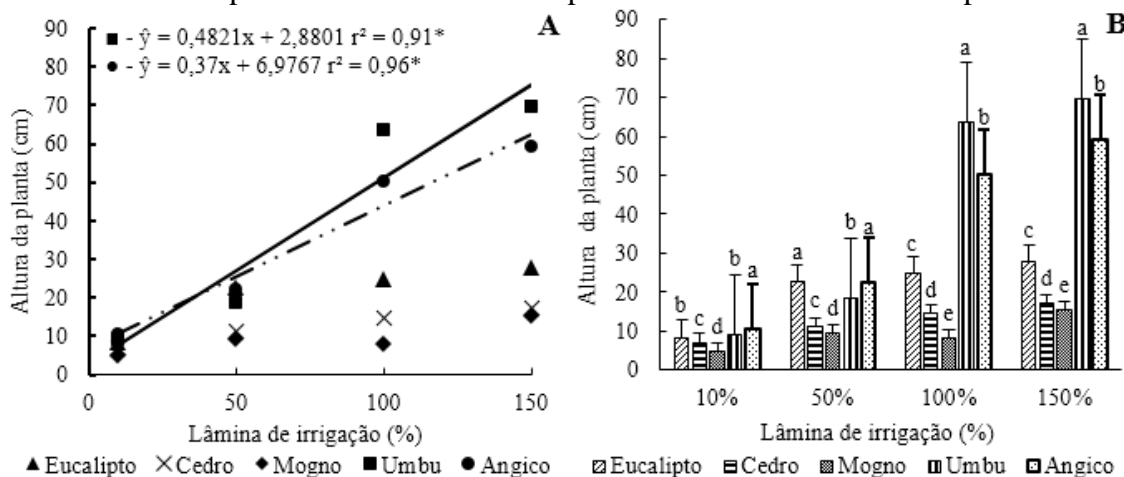
### 5.1 Experimento 1

#### 5.1.1 Altura da Planta

Verificou-se que, para as espécies *Spondias tuberosa* (umbu) e *Anadenanthera colubrina* (angico), o comportamento da altura das plantas em função das lâminas de irrigação foi linear e positivo (Figura 1A), ou seja, com o aumento da disponibilidade hídrica, houve um maior crescimento vegetativo em altura. As demais espécies não apresentaram seu crescimento em altura influenciado pelos tratamentos.

Entre os tratamentos, as espécies apresentaram comportamento diferente de crescimento. No tratamento de menor disponibilidade hídrica (10% da  $ET_0$ ), o angico e o umbu cresceram mais do que as outras espécies; já nos tratamentos de maior disponibilidade hídrica (100 e 150% da  $ET_0$ ), o umbu cresceu mais do que o angico. O umbu apresentou os maiores valores em incremento de altura, seguido das espécies angico, eucalipto, cedro e mogno (Figura 1B). O umbu e o angico apresentaram incrementos em altura de 69,5 e 59,3 cm, respectivamente, para o tratamento com 150% da  $ET_0$  (Figura 1B), destacando-se entre as demais espécies, principalmente a partir do tratamento 100% da  $ET_0$ .

**Figura 1.** Altura das plantas em função das lâminas de irrigação (A) e altura das espécies submetidas a cada lâmina de irrigação (B). Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.



\*Significativo a 5% de probabilidade.

A diferença no crescimento entre as espécies provavelmente se deve a fatores fisiológicos inerentes a cada uma delas, posto que os fatores ecológicos foram aplicados igualmente a todas. Martinotto et al. (2012), avaliando o crescimento inicial em campo, de espécies nativas do cerrado, entre elas, a *Anadenanthera colubrina* (angico), encontraram valores similares para a altura, aos seis meses de estudos, sendo 90 cm em consórcio com mandioca e 116 cm em monocultura.

O crescimento em altura do mogno, umbu e angico (Figura 1B) apresentou um incremento do tratamento T1 para o T4, de 219%, 653% e 461%, respectivamente. Larcher (2006) explica que as plantas têm uma tendência ao melhor desenvolvimento quando possuem condições hídricas adequadas, uma vez que o estresse hídrico está associado à diminuição da turgescência celular e à redução do metabolismo, provocando a interrupção da divisão celular e, assim, afetando o processo de

crescimento, particularmente o crescimento em extensão.

Para todos os tratamentos, o eucalipto e o cedro apresentaram o mesmo desempenho em crescimento, não sendo influenciados pela disponibilidade hídrica (Figura 1A). Os resultados encontrados divergem de outros estudos com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Khaya*, em que as variações de parâmetros morfológicos, como altura, são sensivelmente perceptíveis quanto à variação do manejo hídrico (TATAGIBA et al., 2009; BUTRINOWSKI et al., 2013; <sup>2</sup>SILVA et al., 2017).

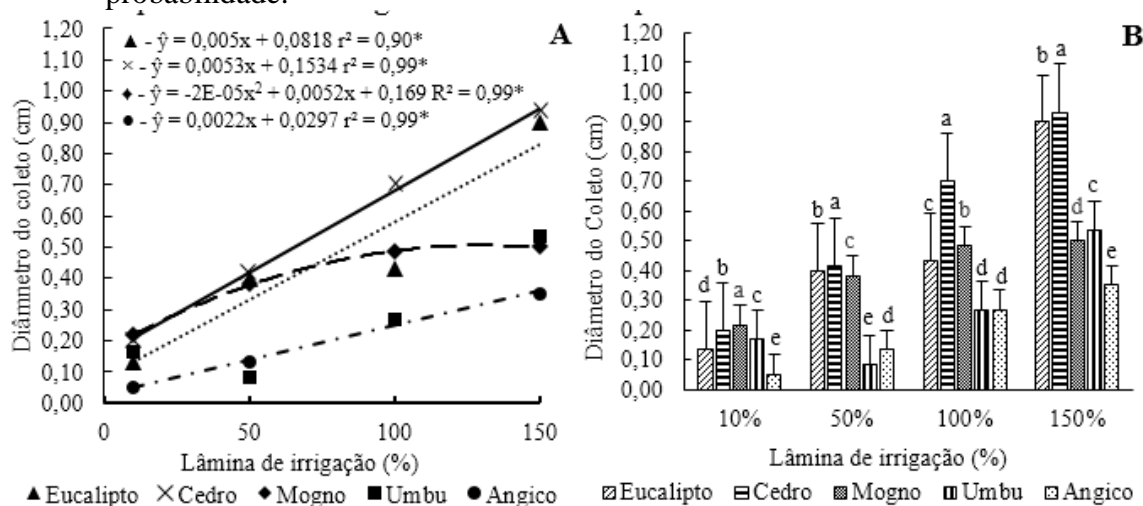
### 5.1.2 Diâmetro do Coletor

O diâmetro do coletor apresentou interação significativa entre as espécies e as lâminas de irrigação aplicadas, sendo verificado que durante o experimento, o

déficit hídrico promoveu a redução do diâmetro do coletor.

O eucalipto, o cedro e o angico apresentaram correlações lineares positivas de crescimento entre o diâmetro do coletor e os tratamentos empregados (Figura 2A). O mogno se diferenciou das espécies supracitadas por apresentar um comportamento quadrático, com máximo crescimento do diâmetro do coletor obtido com lâmina de irrigação a 130% da  $ET_0$ . Sendo assim, há uma resposta positiva no aumento do diâmetro do coletor em função do aumento da lâmina de irrigação até esse valor. No tratamento com 150% da  $ET_0$ , o incremento no diâmetro do coletor do eucalipto foi de 0,93 cm, sendo a espécie que mais se destacou nesta característica, acompanhada pelo cedro com 0,90 cm; enquanto que o mogno com 0,53 cm, umbu com 0,50 cm e angico com 0,35 cm, apresentaram crescimento inferior.

**Figura 2.** Diâmetro do coletor em função das lâminas de irrigação (A) e diâmetro do coletor das espécies submetidas a cada lâmina de irrigação (B). Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.



\*Significativo a 5% de probabilidade.

No tratamento sob estresse hídrico, 10% da  $ET_0$  (Figura 2A), as mudas apresentaram os menores valores de diâmetro de coletor, com redução em torno de 67,5 % para o mogno, 73,8% para o umbu, 76% para o eucalipto, 78,1% para o

cedro e 85,9% para o angico, em relação ao tratamento com 150% da  $ET_0$ . Lopes, Guerrini e Saad (2007) encontraram crescimento linear do diâmetro do coletor em função do aumento da lâmina de irrigação em mudas de *E. grandis*.

Diferentes percentuais de reposição da  $ET_0$  (60, 80, 100 e 120 %) também influenciaram no crescimento desse parâmetro em mudas do *Khaya ivorensis* (SILVA et al., 2017).

Essa diferença está relacionada ao fato do crescimento das plantas ser reduzido pela baixa atividade fisiológica, ligada à divisão e crescimento celular que o estresse hídrico acarreta (NAVROSKI et al., 2015), além de afetar a taxa fotossintética, o metabolismo e o nível de carboidrato (FAROOQ et al., 2009).

Ao observar as espécies dentro de cada lâmina de irrigação (Figura 2B), constata-se que o cedro apresentou os maiores valores de diâmetro do coleto em todos os tratamentos, tendo o angico um comportamento contrário, com exceção do tratamento T1, em que o mogno foi a espécie de maior incremento em diâmetro e no tratamento T2, onde o umbu apresentou o menor incremento em diâmetro.

A partir do tratamento T3, observa-se que o cedro apresenta maior incremento desse parâmetro, enquanto que umbu e angico, diferente da altura, apresentaram os menores incrementos em diâmetro do coleto, evidenciando suas características de espécies pioneiras (LORENZI, 2002), que priorizam o crescimento em altura para se estabelecer. Destaca-se ainda que a diferença no incremento em diâmetro do coleto entre os tratamentos T3 e T4, para o eucalipto e cedro (Figura 2B), demonstra elevada resposta dessas espécies ao aumento da disponibilidade hídrica, o que permite determinar que irrigação inferior a 150% da  $ET_0$  é insuficiente para o crescimento regular das espécies.

Todas as espécies avaliadas foram influenciadas pelos tratamentos, o que evidencia que o diâmetro do coleto é mais afetado pela disponibilidade hídrica do que a altura. Isso mostra que esse parâmetro expressa melhor o efeito do estresse hídrico no crescimento vegetativo, corroborando com resultados obtidos por Vellini et al.

(2008) e Xavier et al. (2011), para espécies do gênero *Eucalyptus*.

### 5.1.3 Matéria Fresca e Seca de Folha

A matéria fresca (MFF) e seca das folhas (MSF) apresentou interação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F e entre as espécies e as lâminas de irrigação aplicadas. Isso mostra que houve crescimento linear da matéria fresca (MFF) e da matéria seca da folha (MSF) em função das lâminas de irrigação para todas as espécies avaliadas, com exceção do umbu que não apresentou um padrão definido (Figuras 3A e 3C). O cedro apresentou alta variação na produção de MFF e MSF entre as lâminas de menor disponibilidade hídrica (T1 e T2) do que nas irrigações com lâminas superiores (T3 e T4). Isso ocorreu devido à abscisão foliar que a espécie apresentou nos tratamentos de menor disponibilidade hídrica.

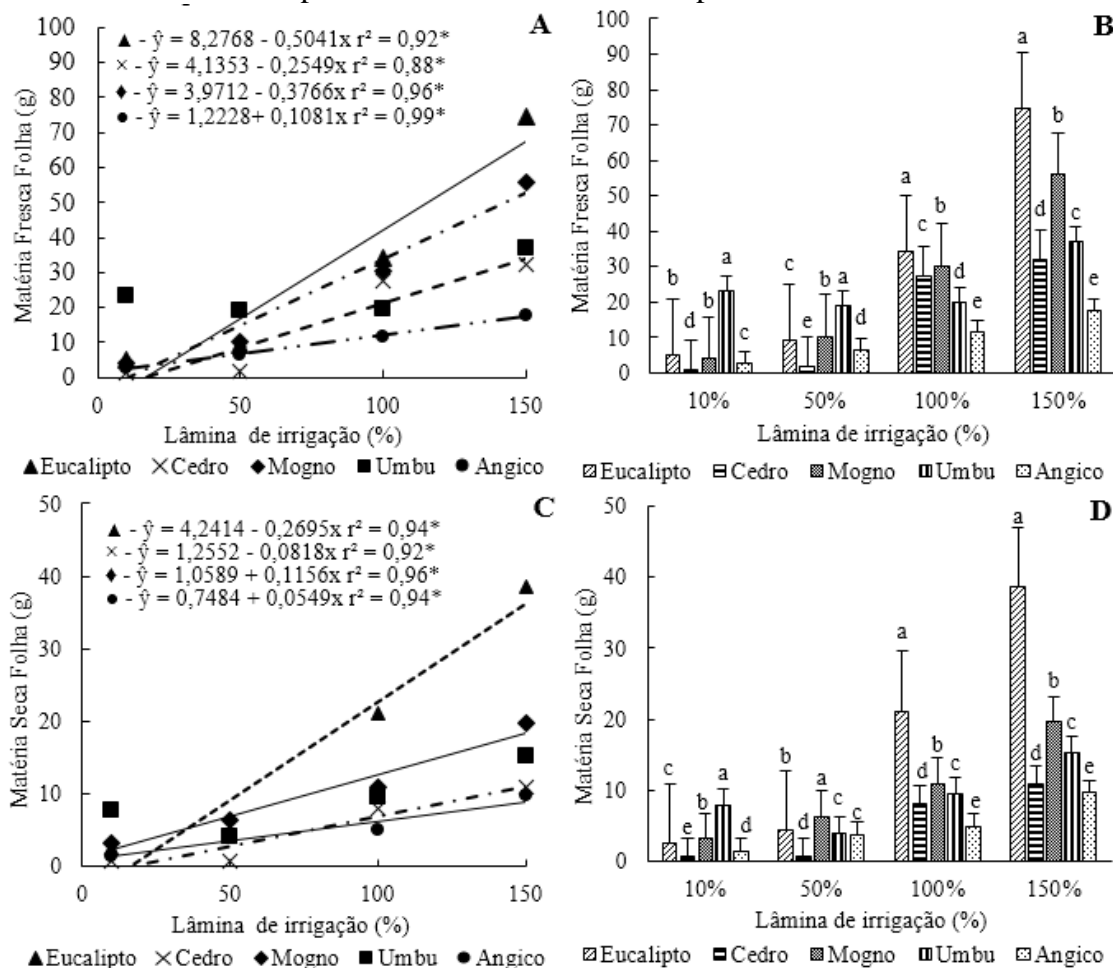
O eucalipto se destacou entre as espécies avaliadas pela alta taxa de alocação de matéria seca nas folhas, sendo superior em 97% ao mogno, 152% ao umbu, 254% ao cedro e 298% ao angico, quando são comparadas as espécies dentro do tratamento de maior disponibilidade hídrica (T4) (Figura 3D). Souza, Rocha Junior e Laura (2018), também observaram uma maior taxa de MSF em mudas com 240 dias de semeadura de *Eucalyptus Urograndis* em relação a espécies florestais como *Tabebuia impetiginosa* e *Toona ciliata* (cedro).

Ao observar o efeito dos tratamentos sobre as espécies, nota-se um aumento médio de MSF em torno de 1400% entre o tratamento T1 (2,58g) e o tratamento T4 (38,56 g). A depender da magnitude do estresse, para manter a sua sobrevivência, as plantas podem consumir suas reservas para conservar a taxa respiratória e a estabilidade metabólica, interrompendo o crescimento e a produção de matéria seca em geral (XAVIER, 2010). Para Vellini et al. (2008),

a redução do crescimento da planta está relacionada à deficiência hídrica, observada justamente na redução de matéria seca da

planta, além do decréscimo do crescimento em diâmetro, altura e diminuição do número de folhas.

**Figura 3.** Matéria Fresca de Folhas (A) e (B), Matéria Seca de Folhas (C) e (D) em função das lâminas de irrigação. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.



\*Significativo a 5% de probabilidade.

Em relação ao comportamento das espécies em cada lâmina de irrigação, verifica-se que o umbu e o cedro apresentaram, respectivamente, a maior e a menor MSF em tratamentos de menor disponibilidade hídrica (10 e 50% da  $ET_0$ ). A partir do tratamento T3, o eucalipto passa a ser a espécie com maior MSF, seguida pelo mogno, umbu, cedro e angico, conforme a Figura 3D.

#### 5.1.4 Matéria Fresca e Seca de Caule

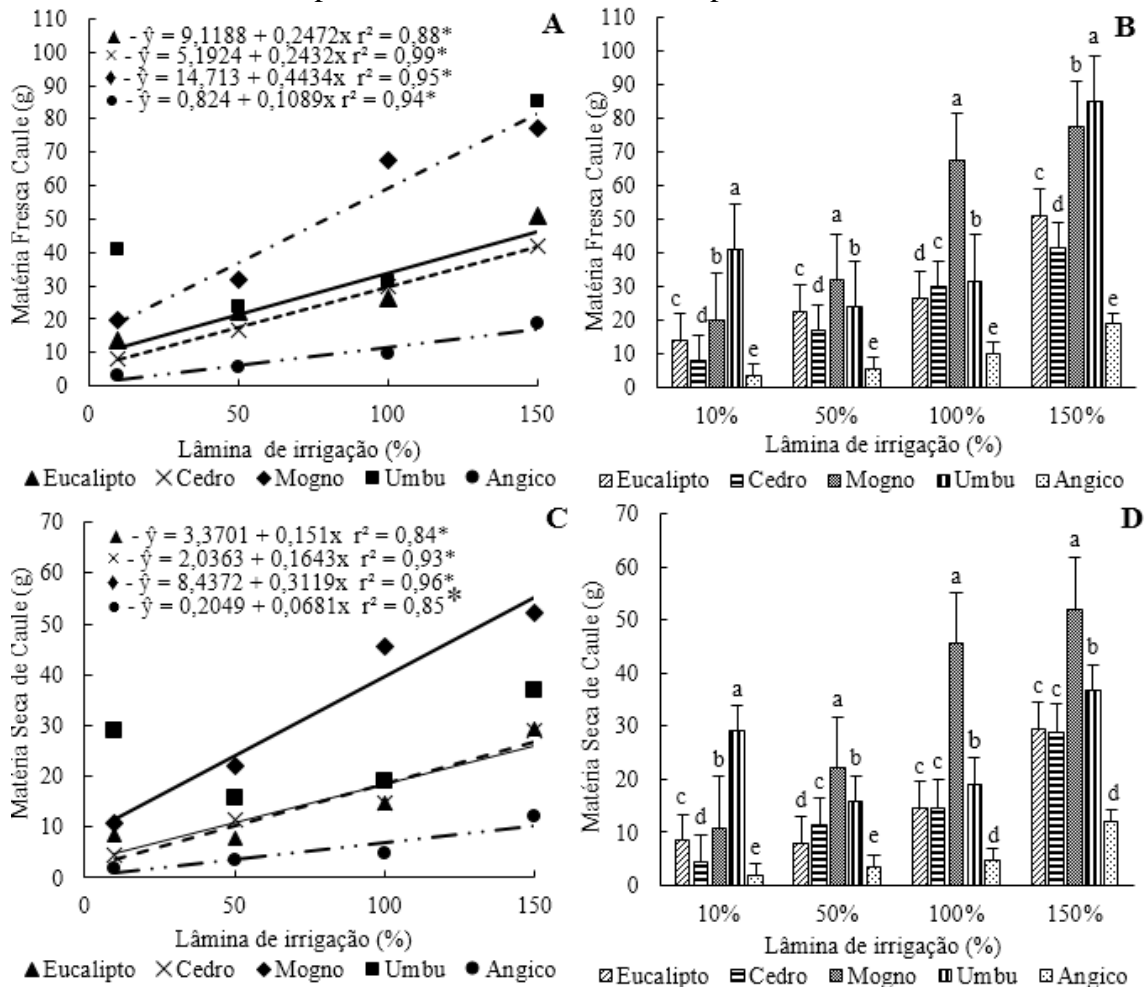
A matéria fresca e seca do caule apresentou interação significativa a 5% de probabilidade pelo teste F e entre as espécies e as lâminas de irrigação aplicadas. Nas Figuras 4A e 4C, observa-se que similar ao ocorrido nas avaliações de MFF e MSF, todas as espécies apresentaram crescimento linear, tanto da matéria fresca (MFC), quanto da matéria seca do caule (MSC) em função das lâminas de irrigação. O umbu apresentou maiores valores para



matéria seca do caule (MSC) no tratamento sob estresse hídrico (10% da  $ET_0$ ), do que nos tratamentos com lâminas intermediárias T2 e T3 (50% e 100%  $ET_0$ ) (Figura 4D). Isso acontece porque as espécies xerófilas, como o umbu, possuem mecanismos de

adaptação, como controle estomático (CAVALCANTE; CAVALLINI; LIMA, 2009) e o acúmulo de água e solutos orgânicos nos xilopódios (SILVA et al., 2008), que garantem o desenvolvimento da espécie, mesmo em situação adversa.

**Figura 4.** Matéria Fresca de Caule (A) e (B) e Matéria Seca de Caule (C) e (D) em função das lâminas de irrigação. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.



\*Significativo a 5% de probabilidade.

Com relação ao efeito de cada lâmina de irrigação sobre as espécies avaliadas, o angico apresentou o mesmo comportamento encontrado para MFF e MSF, apresentando os menores valores de MFC e MSC, enquanto que o eucalipto e o cedro apresentaram aumento expressivo de MSC no tratamento com 150% da  $ET_0$ , não demonstrando diferença significativa entre

os demais tratamentos (Figura 4D). O estresse hídrico provocou redução na MSC em híbrido de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) (XAVIER, 2010 e TATAGIBA et al., 2015). Scalon et al. (2011) identificaram uma redução de 50% de matéria seca da parte aérea em mutambo (*Guazuma ulmifolia*) sob estresse hídrico (12,5% da Capacidade de Campo)

em relação à disponibilidade hídrica normal (100% da Capacidade de Campo).

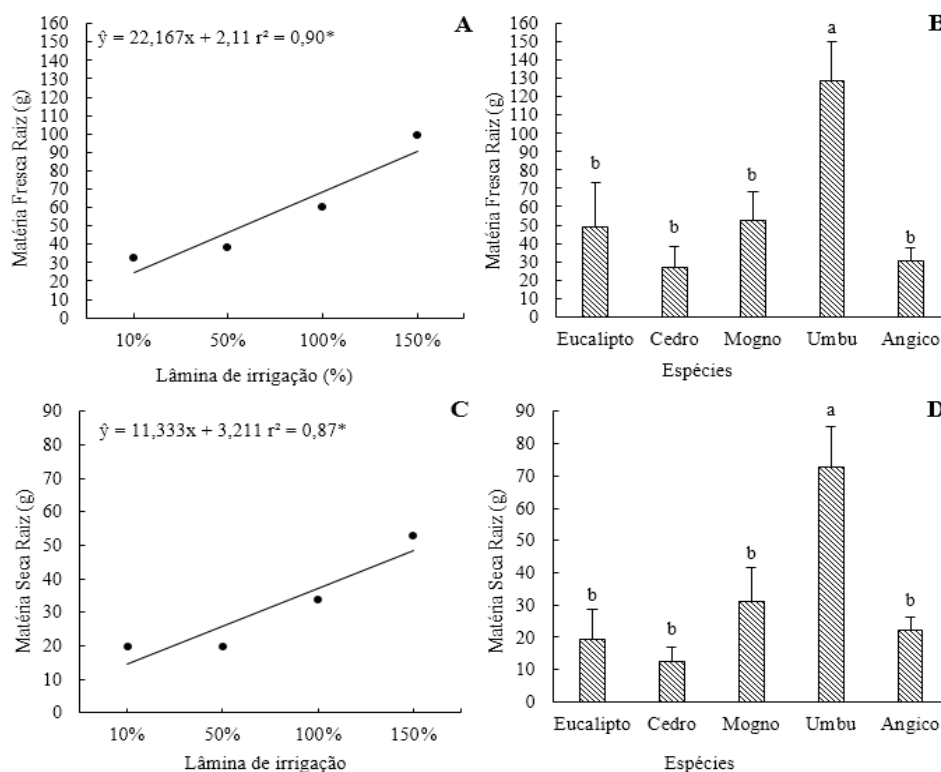
O angico, apesar de maior crescimento em altura, obteve os menores valores em diâmetro de coleto, culminando em menor crescimento para a massa seca do caule (Figura 4D), semelhante aos resultados de MFF e MSF e diâmetro de copa. Os resultados encontrados para o mogno podem ser divididos em dois grupos, sendo T3 e T4 com uma maior produção de MSC e T1 e T2 com valores menores.

### 5.1.5 Matéria Fresca e Seca da Raiz

A produção de matéria fresca (MFR) e seca da raiz (MSR) não apresentou interação significativa entre as espécies e as lâminas de irrigação avaliadas. Entretanto,

constata-se que essas variáveis apresentaram valores superiores quando submetidas às lâminas de irrigação maiores (Figura 5A e 5C). Entre as espécies, tanto a MFR quanto a MSR foram maiores para o umbu, enquanto as demais espécies não apresentaram diferenças entre si (Figura 5B e 5D). Essa superioridade está associada ao desenvolvimento inicial do umbuzeiro, que tende a acumular maior MSR, buscando o crescimento das estruturas de reservas de água e nutrientes (túberas), características da espécie (MELO et al., 2012). Independente da espécie, o acúmulo de biomassa nas raízes é vital para o sucesso no plantio em campo, pois mudas com essa característica têm maior chance de sobreviver ao estresse hídrico na estação de seca (TAIZ e ZEIGER, 2013).

**Figura 5.** Matéria Fresca de Raiz (A) e (B) e Matéria Seca de Raiz (C) e (D) em função das lâminas de irrigação e das espécies florestais, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.



\*Significativo a 5% de probabilidade.

Diante do exposto, é notória a influência da lâmina de irrigação no crescimento das espécies estudadas, assim como a variabilidade do comportamento do crescimento em função das diferentes espécies. Assim, para definir a melhor lâmina a ser empregada deve-se considerar a espécie, o ambiente em que se encontra e o método de obtenção da lâmina de irrigação.

## 5.2 Experimento 2

Na Tabela 1, encontra-se a evapotranspiração média diária da cultura e o consumo hídrico das espécies avaliadas durante o período de cinco meses. O eucalipto apresentou a maior demanda evapotranspirométrica e consumo hídrico, ultrapassando os 1800 mm durante o período avaliado, tendo média de  $14 \text{ mm d}^{-1}$ , seguido pelas espécies mogno, cedro, umbu e angico, respectivamente.

**Tabela 1.** Evapotranspiração média e consumo hídrico do angico, cedro, eucalipto, mogno e umbu.

<b>Espécie</b>	<b>ETc Média (<math>\text{mm d}^{-1}</math>)</b>	<b>Consumo Hídrico (mm)</b>
Angico	5,31	690,85
Cedro	5,47	713,09
Eucalipto	13,93	1842,60
Mogno	8,38	1105,79
Umbu	5,33	693,13

O eucalipto, por apresentar crescimento rápido e produzir mais folhas, consome mais água do que as outras espécies. Em estudos com *Eucalyptus grandis*, Carneiro et al. (2008) encontraram ETc máxima diária através do método de Penman – Monteith, variando entre  $8,60 \text{ mm d}^{-1}$  e  $6,17 \text{ mm d}^{-1}$  (irrigado e não irrigado), em plantações com 14 meses de idade, fase de desenvolvimento da espécie em que teoricamente há uma maior taxa de evapotranspiração se comparada com a fase inicial do presente estudo.

Os valores médios de Kc das espécies foram de 1,25; 1,28; 3,06; 1,85 e 1,25 para angico, cedro, eucalipto, mogno e umbu, respectivamente. Para o eucalipto em fase inicial de crescimento em campo (180 dias), Alves et al. (2013) determinaram Kc de 0,7, enquanto Tatagiba et al. (2015), ainda na fase de viveiro, obtiveram Kc de 1,25, pelo método gravimétrico (pesagem diária). Esses valores são bem inferiores ao encontrado no presente estudo, para a

espécie, o que pode estar associado aos diferentes métodos utilizados na determinação do coeficiente da cultura (campo, viveiro e minilímetro). Com uso de lisímetros de drenagem, Coletti et al. (2012) encontraram Kc médio de 2,66, com máximo de 3,04 na fase reprodutiva do pinhão manso (*Jatropha curcas*).

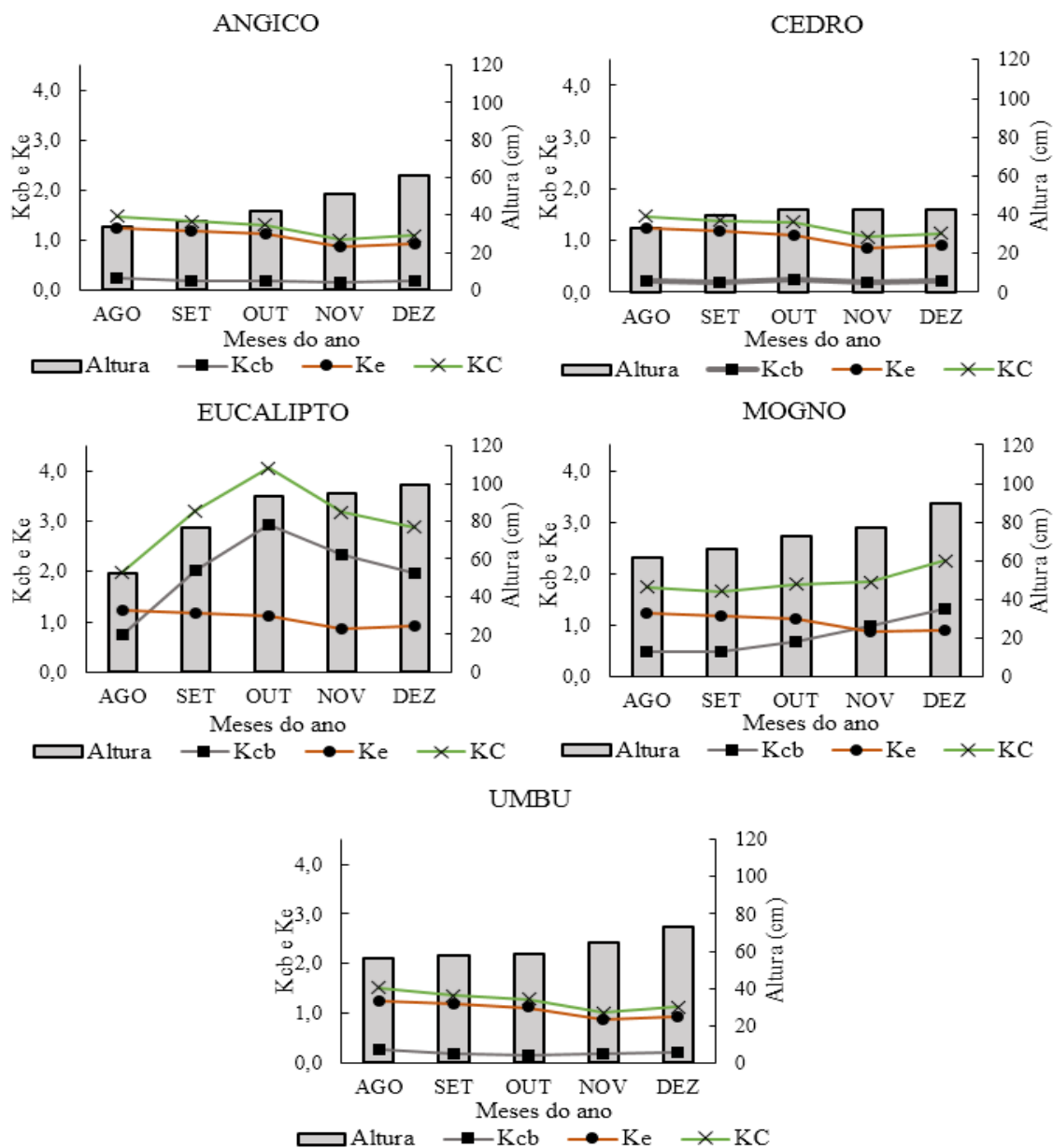
Na Figura 6, é possível observar o comportamento do Ke, do Kcb e do Kc, ao longo do período do experimento, associado ao crescimento em altura das espécies. Constata-se que o Ke diminuiu à medida que as plantas se desenvolveram, variando de 1,24 no início do experimento a 0,92 no final. Allen et al. (1998) relataram que em condições de alto teor de umidade no solo, o Ke está próximo da unidade, com valor máximo de 1,2. Essa diminuição ocorre, uma vez que, com o crescimento da planta e aumento da área foliar, o solo fica menos exposto, diminuindo a taxa de evaporação do solo. Em contrapartida o Kcb (transpiração da planta), similar ao Kc,

tende a aumentar com o ganho de área foliar e ultrapassar o  $K_e$  (SILVA; TAVARES; SOUSA, 2013).

Para angico, umbu e cedro, que possuem um crescimento menor de copa, não foi observado o mesmo padrão de crescimento do eucalipto e mogno, que foram as espécies que mais cresceram em altura, evidenciando o seu maior consumo hídrico. Nessas espécies, o  $K_{cb}$  influenciou de maneira constante e pequena no valor de

$K_c$  durante a fase inicial de crescimento, com  $K_{cb}$  médio de 0,19, 0,20 e 0,22, respectivamente. Nas demais espécies, o  $K_{cb}$  ficou em torno de 2,00 para o eucalipto e 0,79 para o mogno (Figura 6). Isso comprova que essas duas espécies possuem mecanismos fisiológicos que permitem manter seus estômatos abertos para facilitar a transpiração, acarretando em maiores consumos de água, como apresentado na Tabela 1.

**Figura 7.** Médias mensais de  $K_e$ , de  $K_{cb}$  e de  $K_c$  para eucalipto, mogno, angico, umbu, e cedro e sua relação com altura da planta.



No eucalipto, evidenciou-se uma queda brusca do Kcb a partir do mês de outubro/2015 (Figura 6), que pode estar associada ao rápido crescimento da espécie e ao tamanho do recipiente, que não forneceu espaço suficiente para o seu desenvolvimento, como foi observado na determinação da ETc. Em consequência, o crescimento em altura foi cessado ou diminuído a partir desse mês. Ao determinar o Kc em mudas de *Hymenaea courbaril*, Silva, Dourado Neto e Silva (2017) também observaram uma diminuição desse parâmetro em função do tamanho do recipiente a partir de 160 dias após semeadura.

O angico e o umbu apresentaram um Kcb constante durante o experimento, sendo acompanhado pelo crescimento em altura (Figura 6). Isso pode estar relacionado à abscisão foliar que essas espécies apresentam no inverno (período seco), que coincidiu com o início do experimento, sendo retomado o seu crescimento a partir do terceiro mês, com o início da primavera e a brotação de novas folhas.

Por meio da utilização do método do Kc duplo, foi possível determinar que, em plantios de cedro, de umbu e de angico na fase inicial de crescimento, o maior componente da evapotranspiração é a evaporação da água do solo e não o consumo efetivo da planta (transpiração), sendo que a evaporação da água do solo é influenciada pela área de solo descoberto pela cultura e, ainda, por uma maior frequência de irrigação. Essas informações são importantes para o produtor, pois permitem definir técnicas de manejo do solo e da água, que minimizem a perda de água do solo e, conseqüentemente, reduzam o consumo hídrico da planta. Assim, práticas conservacionistas, como o plantio direto, que visam, dentre outras coisas, reduzir a evaporação da água nas camadas superficiais do solo, mostram-se

interessantes (OLIVEIRA; CASTRO; GOLDENFUM, 2010).

Apesar do valor do Kc ser considerado elevado para o eucalipto, os resultados dos coeficientes de cultura obtidos neste estudo podem estar correlacionados à demanda hídrica, característica das espécies avaliadas na fase inicial de desenvolvimento em campo, como relatam Oliveira et al. (2014), visto que não foram encontrados outros estudos com essas informações para efeito de comparação. Neste caso, destaca-se a necessidade de ampliar as pesquisas sobre o tema, pois a determinação do consumo hídrico preciso das espécies florestais, seja em viveiros ou em campo, permite ao produtor irrigá-las corretamente, evitando o desperdício de água e nutrientes.

## 6 CONCLUSÕES

A maioria das espécies estudadas apresentou comportamento linear positivo para as variáveis avaliadas, em função dos tratamentos aplicados.

O tratamento com 150% da ET<sub>0</sub> proporcionou maior crescimento inicial e produção de fitomassa em todas as espécies avaliadas, ocorrendo comportamento contrário para os tratamentos inferiores a 100% da ET<sub>0</sub>. O umbu apresentou maior tolerância ao estresse hídrico.

O eucalipto apresentou maior evapotranspiração dentre as espécies florestais estudadas, seguidas do mogno, cedro, umbu e angico.

O Kcb médio foi de 0,19; 0,22; 2,00; 0,79 e 0,20, enquanto o Ke foi de 1,03; 1,05; 1,06; 1,06 e 1,06 do Kc para o angico, cedro, eucalipto, mogno e umbu, respectivamente.

## 7 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

## 8 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N. CASTRO, G. L. S.; RAMOS, E. M. L.; PINHEIRO, H. A. **Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas à déficit hídrico e reidratação**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Goiânia, v. 48, n. 1, p. 9-16, 2013.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO, Roma, 1998. 301 p.

ALVES, M. E. B.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; NEVES, J. C. L. Estimate of the crop coefficient for *Eucalyptus* cultivated under Irrigation during initial growth. **Revista Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 247-253, 2013.

BUTRINOWSKI, R. T.; BUTRINOWSKI, I. T.; SANTOS, E. L.; PICOLOTTO, P. R.; PICOLOTTO R. A.; SANTOS, R. F. Disponibilidade hídrica no desenvolvimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis* em ambiente protegido. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.2, n.3, p. 84-93, 2013.

CARNEIRO, R. L. C.; RIBEIRO, A.; HUAMAN, C. A. M.; 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**, Viçosa, v.32, n.1, p.11-18, 2008.

CAVALCANTE, A. C. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. B. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Documentos Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral. 2009, 50 p.

COLETTI, A. J.; DALLACORT, R.; DALCHIAVON, F. C.; MARTINS, J. A.; SANTI, A.; INOUE, M. H. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da cultura do pinhão manso. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 18, p. 373-383, 2012.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, D.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, EDP Sciences, Paris, n. 29, p. 185-212, 2009.

JALEEL, C.A., MANIVANNAN, P., WAHID, A., FAROOQ, M., AL-JUBURI, H.J., SOMASUNDARAM, R. & PANNEERSELVAM, R. Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. **International Journal Agricultural Biology**. Faisalabad, v.11, p.100-105. 2009.

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

LENHARD, N. R.; SCALON, P. Q.; NOVELHO, J. O. Crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia ferrea* MART. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência e Agrotécologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 870-877, 2010.

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

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4 ed. Vol. 1. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2002, 368 p.

MARTINOTTO, F.; MARTINOTTO, C.; COELHO, M. F. B.; AZEVEDO, R. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F. **Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas do Cerrado em consórcio com mandioca**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 47, n. 1, p. 22-29, 2012.

MELO, A. P. C.; SELEGUINI, A.; CASTRO, M. N.; MEIRA, F. A.; GONZAGA, J. M. S.; HAGA, K. I. Superação de dormência de sementes e crescimento inicial de plântulas de umbuzeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1343-1350, 2012.

NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, F. S.; 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. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 467-476, 2015.

OLIVEIRA, N. T.; CASTRO, N. M. R.; GOLDENFUM, J. A. Influência da palha no balanço hídrico em lisímetros. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 93-103. 2010.

OLIVEIRA, E. C.; CARVALHO, J. A.; ALMEIDA, E. F. A.; REZENDE, F. C.; SANTOS, B. G.; MIMURA, S. N. Evapotranspiração da roseira cultivada em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 314-321, 2014.

PINHEIRO, M. P. M. A.; SANTOS, M. A.; SANTOS, D. P.; REIS, L. S.; CARNEIRO, P. T. Determinação da evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar por lisímetros de pesagem e estimativa da evapotranspiração de referência através dos métodos de Hargreaves-Samani e Tanque Classe A. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 8, n. 4, p. 427-441, 2015.

QUEIROZ, T. B.; PEREIRA N. N. J.; SILVA, J. C. R. L.; FONSECA, F. S. A.; MARTINS, E. R. Influence of water regime on initial growth and essential oil of *Eucalyptus globulus*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 3, p. 1-8, 2017.

SAEG. **Sistemas para análises estatísticas**, 7.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, UFV/DBG, 2007.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZABIO, V. L. M.; KODAMA, F. M., KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SILVA, C. A.; DOURADO NETO, D.; SILVA, C. A. Crop coefficient, dry matter partition and seedlings quality of *Hymenaea courbaril* L. in containers sizes under water deficit irrigation. **Revista Árvore**, Viçosa, v.41, n.2, 2017.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R.J. M. C.; ARAUJO, F. P.; MELO, N. F.; AZEVEDO NETO, A. D. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 63, p. 147-157, 2008.

SILVA, V. P. R.; TAVARES, A. L.; SOUSA, I. F. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo simples e dual do coentro. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 255-259, 2013.

SILVA, W. D.; SOARES, A. E. S.; ALMEIDA, M. H. V.; ALVES, W. W. A. Reposição da evapotranspiração de referência e adubação fosfatada no crescimento de mudas de *Khaya ivorensis* A. Chev. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.14 n.26; p. 620, 2017.

SOUZA, A. F.; ROCHA JUNIOR, E. O.; LAURA, V. A. Desenvolvimento inicial e eficiência de uso de água e nitrogênio por mudas de *Calophyllum brasiliense*, *Eucalyptus urograndis*, *Tabebuia impetiginosa* e *Toona ciliata*. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 1465-1477, 2018.

STAPE, J. S.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil Eucalyptus Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1684-1694, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Artmed, Porto Alegre, 2013, 954 p.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F.; PENCHEL, R. M. Desempenho de clones de eucalipto em resposta à disponibilidade de água no substrato. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, p. 179-189, 2009.

TATAGIBA, S. D.; TOLEDO, J. V.; PEZZOPANE, J. E. M.; ZANETTI, S. S.; CECILIO, R. A. Crescimento de mudas clonais de eucalipto em condições de déficit hídrico. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Garça, Ano XIII, v. 25, n.1, 2015.

TATAGIBA, S. D.; XAVIER, T. M. T.; TORRES, H.; PEZZOPANE, J. E. M.; ZANETTI, S. S. Determinação da máxima capacidade de retenção de água no substrato para a produção de mudas de eucalipto em viveiro. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 4, p. 745 - 754, 2015.



VELLINI, A. L. T. T.; PAULA, N. F.; ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Resposta fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 651-663, 2008.

XAVIER, T. M. T. **Efeito da restrição hídrica sobre o crescimento de clones de eucalipto**. 2010. 80 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo – Programa de Pós-Graduação em produção vegetal. Alegre – ES.

XAVIER, T. M. T.; PEZZOPANE, J. E. M.; PENCHEL, R. M.; CALDEIRA; M. V. W; KLIPPEL; V. H; TOLEDO, J. V. Crescimento do eucalipto sob diferentes níveis de déficit hídrico. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA E XIV REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE FISILOGIA VEGETAL, 2011, Búzios. **Anais...**, Búzios: SBFV, 2011. p. 79-79.