



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Transpiração, consumo hídrico e eficiência do uso da água em *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake), sob diferentes condições hídricas¹



Cleverson Henrique de Freitas¹; Marcel Carvalho Abreu²; Fabrina Bolzan Martins³; Rodolfo Armando de Almeida Pereira⁴

^{1,4}Graduando em Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá-MG, Fone: (35) 9160-7537 e-mail: chfreitas@unifei.edu.br; rodolfop.met@gmail.com

²Eng. Florestal, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, e-mail: marcelcabreu@gmail.com

³Eng. Florestal, Prof. Adjunto, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá-MG, e-mail: fabrina@unifei.edu.br

RESUMO: Dentre as variáveis ambientais a água é a mais importante, pois é utilizada na maioria das funções vitais das plantas e uma pequena redução na disponibilidade da mesma, pode afetar negativamente seu crescimento e desenvolvimento. Para o uso eficiente da água pela planta é fundamental identificar a necessidade hídrica responsável pelas máximas produções, através da quantificação da transpiração total (TRt), consumo hídrico (CH) e eficiência do uso da água (EUA), o que constitui o objetivo deste trabalho. Assim, foi conduzido um experimento sob o delineamento inteiramente casualizado organizado em esquema fatorial, 2X2, sendo duas épocas de aplicação da deficiência hídrica (E1=verão e E2=inverno) e dois regimes hídricos (T1-sem deficiência hídrica e T2-com deficiência hídrica) em casa de vegetação. Foram mensuradas a TRt, o CH e a EUA em mudas de *Eucalyptus urophylla*. O término do experimento foi considerado quando as plantas do T2 apresentaram transpiração $\leq 10\%$ em relação ao T1. As condições meteorológicas foram variáveis entre as épocas. Pela análise de variância houve interação entre época e regime hídrico para a TRt e o CH. Pelo teste de Tukey ($\alpha=5\%$) foi verificada diferenças em TRt e CH nas duas épocas para o T1 e não houve diferença para o T2, indicando que a espécie regula a TRt e o CH pela quantidade de água disponível no solo e pela demanda atmosférica (DPV). Já a EUA apresentou diferença apenas entre E1 e E2, com valores de 164,25 L H₂O kg⁻¹ de massa seca e 1.033,33 L H₂O kg⁻¹ de massa seca, respectivamente e não houve diferença entre T1 e T2, com valores de 559,57 L H₂O kg⁻¹ (624,94 L H₂O kg⁻¹) de massa seca para T1 (T2), indicando que o *Eucalyptus urophylla* utiliza a água com a mesma eficiência independente do regime hídrico no solo. A EUA é regulada pelo DPV e o TRt e CH são regulados tanto pela quantidade de água no solo quanto pela demanda atmosférica.

PALAVRAS-CHAVE: demanda evaporativa, deficiência hídrica, eucalipto.

Transpiration, water consumption and water use efficiency in seedlings of *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake), in different water conditions

ABSTRACT: Among the environmental variables, the water is the most important because it is a critical component of plant metabolism, and a small reduction may affect crop growth and development. For the water use efficient is essential to identify the water requirement accountable for the maximum productions, by quantifying the total transpiration (TRt), water consumption (WC) and water use efficiency (WUE), which is the objective of this work. For this, a greenhouse experiment was conducted in a completely randomized design, in a factorial arranged, 2X2, with 2 seasons (E1 = summer and E2 = winter) and two water regimes (T1-with irrigation and T2-without irrigation). Were measured the TRt, the WC and the WUE in seedlings of *Eucalyptus urophylla*. The end of the experiments were defined where the T2 plants had transpiration $\leq 10\%$ compared to T1. The meteorological conditions were different between the seasons. By analysis of variance, there was interaction between the treatments for the TRt and the WC. By Tukey test ($\alpha=5\%$) were verified differences in TRt and WC in E1 and E2

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

for the T1 and were not verified difference for the T2, indicating that *Eucalyptus urophylla* regulated the TRt and WC from soil water available and the vapor pressure deficit (VPD). Regarding the WUE, there was difference between E1 and E2, with values of 164.25L H₂O kg⁻¹ and 1,033.33 L H₂O kg⁻¹, respectively, and there was no differences between T1 and T2, with values of 559.57 L H₂O kg⁻¹ (624.94L H₂O kg⁻¹) for T1 (T2). This indicates that the *Eucalyptus urophylla* uses the water with the same efficiency independent of the soil water content. The WUE is regulated by the VPD. Furthermore, TRt and WC are regulated as well as by the soil water available and the atmospheric variables demand.

KEY WORDS: evaporative demand, water deficit, eucalyptus.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior potencial de reflorestamento no mundo, devido ao seu clima e tipos de solo favoráveis ao plantio, sendo que o gênero *Eucalyptus* possui grande potencial de produtividade (Junior e Garcia, 2003). Minas Gerais é o estado brasileiro com maior área plantada correspondendo a 28,2% dos 5,10 milhões de hectares plantados e manejados intensivamente para diversos fins (celulose e papel, madeira, carvão, geração de energia). (ABRAF, 2013).

Dentre as espécies de eucaliptos cultivadas no país, o *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, além de ser uma das mais plantadas, é a espécie com maior potencial de crescimento e boa produtividade (Junior e Garcia, 2003), sendo utilizado no melhoramento genético e muito resistente ao cancro, doença que ocorre em todas as regiões tropicais e subtropicais, o que é desejável na formação de híbridos resistentes a mesma. (Alfenas et al., 2009).

Entre as variáveis ambientais a água é, sem dúvida, a mais importante, pois é necessária à maioria das funções vitais, reações e rotas metabólicas. Uma pequena redução na disponibilidade de água pode afetar negativamente o crescimento, o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade de uma cultura. Um dos parâmetros que identifica a influência da água nas culturas é o coeficiente de transpiração, pois quantifica a eficiência do uso da água (EUA), a qual representa a quantidade de água necessária para a produção de 1 kg de biomassa. A EUA é definida como a quantidade de carbono assimilada por unidade de água evaporada e representa o acoplamento dos ciclos do carbono e água e suas interações (Tian et al., 2010). Além disso, a EUA é um importante indicador comparativo da água consumida por diferentes tipos de culturas e pode variar entre genótipos de mesma espécie, entre espécies e também em diferentes condições climáticas.

Assim, o objetivo do trabalho foi analisar o comportamento da transpiração, consumo hídrico e eficiência do uso da água em mudas de *Eucalyptus urophylla*, em dois regimes hídricos e alta e baixa demanda evaporativa atmosférica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação da Universidade Federal de Itajubá, em Itajubá, MG (22°30' S, 45°27' O e 850 metros de altitude). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), 2 x 2, sendo duas épocas de aplicação da deficiência hídrica (E1=verão e E2=inverno) e dois regimes hídricos (T1-sem deficiência hídrica e T2-com deficiência hídrica) com nove repetições por tratamento. Cada repetição (unidade experimental) foi constituída de duas plantas em um vaso de 8L, sendo este preenchido com solo horizonte A moderado de um Latossolo Vermelho-Amarelo típico, devidamente corrigido (CFSEMG, 1999).

A semeadura foi feita no 19/10/2012 para a E1 e 29/04/2013 para a E2 e a deficiência hídrica foi imposta quando o número de folhas na haste principal foi de no mínimo 20 folhas em média e o término

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

do experimento se deu quando a transpiração relativa (TR) de todos os vasos (equação 1) do T2 foi igual ou inferior a 10% dos vasos do T1 (Sinclair e Ludlow, 1986).

$$TR = \frac{\text{perda diária de água das plantas do T2 (cada vaso)}}{\text{perda média diária de água pelas plantas do T1}} \quad (1)$$

Dentro da casa de vegetação foram instalados um conjunto de termômetros de álcool e de mercúrio para a coleta das variáveis meteorológicas temperatura mínima e máxima do ar, respectivamente e UR foram coletados do termohigrógrafo de cabelo. A demanda atmosférica (DPV), que expressa a diferença entre a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera saturada de vapor d'água (es) e a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera (ea), foi obtida pelas expressões:

$$e_s = 0,611 * 10^{\frac{7,5 * T}{237,5 + T}} \quad (2)$$

$$e_a = \frac{(UR * e_s)}{100} \quad (3)$$

$$DPV = e_s - e_a \quad (4)$$

em que UR é a umidade relativa às 15h e T é a temperatura média do ar (temperaturas máxima e mínima).

A transpiração total (TRt), o consumo hídrico (CH) e a eficiência no uso da água (EUA) foram avaliadas através das seguintes expressões:

$$TRt = \frac{\sum \text{perda diária de água das plantas do T2 (cada vaso)}}{\sum (\text{perda média diária de água pelas plantas do T1})} \quad (5)$$

$$CH = \frac{TRt}{\text{Número de dias de duração do experimento}} \quad (6)$$

Para a determinação do EUA foram selecionadas aleatoriamente três plantas das nove referentes ao tratamento T1 antes da aplicação dos dois regimes hídricos, onde foi determinada a biomassa total e de cada compartimento (raízes, folhas e caule) em estufa à 65°C. Ao término do experimento foi determinada a biomassa total e de cada compartimento em todas as plantas restantes. A EUA foi quantificada através da expressão abaixo:

$$EUA = \frac{\text{total de água consumida em cada tratamento}}{\text{biomassa final - biomassa inicial de cada tratamento}} \quad (7)$$

Os valores de TRt, CH e EUA foram submetidos a análise de variância seguida de comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade do erro.

RESULTADOSE DISCUSSÃO

Durante período de aplicação da deficiência hídrica, iniciado no dia 27/01/2013 para E1 e 14/08/2013 para E2, as temperaturas mínimas absolutas do ar foram 19,2°C e 9,9°C e as temperaturas máximas absolutas do ar foram 54,0°C e 51,8°C para o E1 e E2, respectivamente. No E1, dos quinze dias de duração da aplicação da deficiência hídrica, oito apresentaram baixa demanda evaporativa (53,3% de DPV ≤ 15 hPa) e sete apresentaram alta demanda evaporativa (46,7% de DPV > 15 hPa). Já para o E2, dos 21 dias de experimento, onze foram com baixa demanda evaporativa (52,4%) e dez dias com alta demanda evaporativa (47,6%). (Figura 1).

Pela comparação de médias através do teste Tukey (Tabela 1), houve interação entre os tratamentos para a TRt e o CH. A TRt foi superior no regime T1, o que é esperado uma vez que apresenta maior quantidade de água disponível no solo para transpirar, e na E2. Já para o T2, não houve diferença

entre as duas épocas e os valores de TRt foram menores que os de T1. O mesmo padrão foi encontrado por Martins et al. (2008), com maiores valores de TRt para o T1 em duas espécies de *Eucalyptus*, com valores de 2.008 para o *E.salignae* 1.825 para o *E.grandis*.

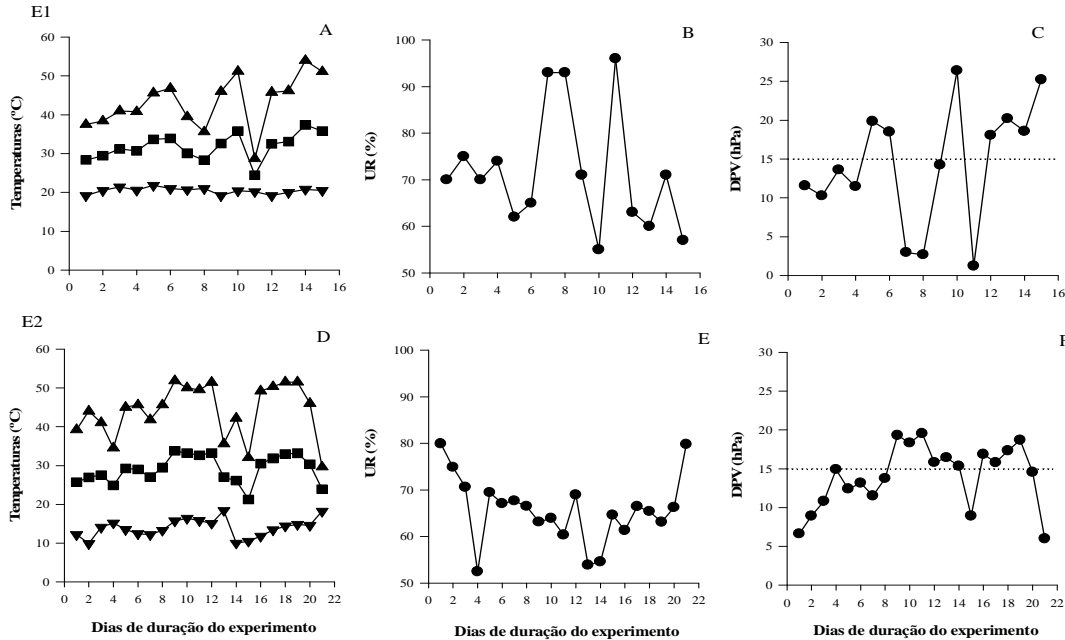


Figura 1. Temperaturas máximas (▲), médias (■) e mínimas (▼) diárias do ar, em °C, (A e D), umidade relativa do ar (B e E) e déficit de pressão de vapor do ar (DPV) diário (C e F) para o *Eucalyptus urophylla*. Os painéis A, B e C referem-se ao E1 e os painéis D, E e F referem-se ao E2. A linha pontilhada nos painéis C e F representa a divisão dos dias de baixa e alta DPV. Itajubá, MG, 2013.

Em relação ao CH, o T1 consumiu mais água na E2 ($105,50 \text{ g H}_2\text{O planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), do que na E1 ($74,74 \text{ g H}_2\text{O planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). Na E2 houve mais dias com DPV maior o que favoreceu a maior transpiração e conseqüentemente um maior consumo de água pela T1, pois a mesma não estava com deficiência hídrica, tendo maior quantidade de água disponível.

Tabela 1. Comparação de médias para Transpiração total (TRt), consumo hídrico (CH) e eficiência no uso da água (EUA) em mudas de *Eucalyptus urophylla* submetidas a deficiência hídrica no solo.

Época	Tratamentos		Média
	T1	T2	
Parâmetros			
Transpiração total (g planta⁻¹)			
E1	1.121,12aB	527,22bA	
E2	2.215,33aA	632,33bA	
Média			
Consumo Hídrico (g H₂O planta⁻¹ dia⁻¹)			
E1	74,74aB	35,15bA	
E2	105,50aA	30,11bA	
Média			
Eficiência no uso da água (L H₂O kg⁻¹ massa seca)			
E1			164,25B
E2			1.033,33A
Média	559,57a	624,94a	

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, para cada variável não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Colunas sem valores significam que a interação entre as fontes de variação, para cada variável, foi não significativa a mesma probabilidade.

Já a EUA não apresentou interação entre as fontes de variação. Não foi verificada diferenças para as médias entre T1 e T2, existindo apenas diferenças entre E1 e E2, com valores de 164,25 L.H₂O.kg⁻¹ e 1.033,33 L.H₂O.kg⁻¹ de massa seca, respectivamente. Isto indica que o *E. urophylla* utiliza a água com a mesma eficiência em condições de com e sem deficiência hídrica no solo. Pereira et al. (2014) encontrou a mesma condição para a *Corymbia citriodora*, com 248,86 e 270,36 L H₂O kg⁻¹ para os T1 e T2, respectivamente.

Na E2, houve maior transpiração total e consumo hídrico, o que refletiu diretamente nos valores de EUA, sendo maiores que os da E1. Assim, na E1, o *E. urophylla*, utilizou menos água para produzir matéria seca do que na época 2. Os valores de EUA em *E. urophylla*, exceto na E2, foram compatíveis aos encontrados por Martins et al. (2008) para *E. grandis* e *E. saligna* com valores entre 228 e 282 L de H₂O Kg⁻¹ de matéria seca. A EUA em *E. urophylla* para a E2, foi também menor em relação a algumas culturas agrícolas, como a soja (700 L kg⁻¹ de H₂O de massa seca; Balbino et al., 2003) e milho (300–400 L kg⁻¹ de H₂O de massa seca), sorgo (277 L kg⁻¹ de H₂O de massa seca), beterraba açucareira (443 L kg⁻¹ de H₂O de massa seca), trigo de primavera (491 L kg⁻¹ de H₂O de massa seca), cevada (527 L kg⁻¹ de H₂O de massa seca) e aveia (583 L kg⁻¹ de H₂O de massa seca) (Singh et al., 2003).

CONCLUSÕES

A TRt e CH foram maiores nos tratamentos sem restrição hídrica, enquanto que a EUA não apresentou diferença.

As épocas influenciaram apenas a EUA, com valores de 164,25 L H₂O kg⁻¹ de massa seca e 1.033,33 L H₂O kg⁻¹ de massa seca para E1 e E2, respectivamente e não houve diferença entre T1 e T2, indicando que o *Eucalyptus urophylla* utiliza a água com a mesma eficiência independente do regime hídrico no solo.

A EUA é regulada pelo DPV e oTRt e CH são regulados tanto pela quantidade de água no solo quanto pela demanda atmosférica.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A.C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2a edição Viçosa, UFV, 2009. 500p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf>. Acesso em 03 jan. 2015.

BALBINO, L.C. et al. **Estruturas e propriedades hidráulicas em latossolos sob cultivo na região do Cerrado**. Rio de Janeiro, Embrapa, 2003. 44p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8)

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, 1999.

JUNIOR, L.S.; GARCIA, J.N. Potencial de melhoramento genético em *Eucaliptusurophylla* procedente da Ilha de Flores. **Revista ScientiaForestalis**. n. 64, p. 23-32, 2003.

MARTINS, F.B. et al. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p.1297-1306, 2008.

PEREIRA, R.A.A. et al. **Transpiration, consumption and water use efficiency in seedlings of *Corymbia citriodora*, in different water conditions**. XVIII-Congresso Brasileiro de Meteorologia, Recife-PE, 2014.

SINCLAIR, T. R.; LUDLOW, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, n.3, p.329-341, 1986.

SINGH, D.K.; BIRD, P.R.; SAUL G.R. Maximising the use of soil water by herbaceous species in the high rainfall zone of southern Australia: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, 54:667-691, 2003.

TIAN, H. et al. Model estimates of net primary productivity, evapotranspiration and water use efficiency in the terrestrial ecosystem of the southern United States during 1895–2007. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, 259, 1311-1327, 2010.