



RESPOSTA DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS EM MUDAS DE *Eucalyptus citriodora* (HOOK) SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO NO SOLO EM CONDIÇÕES DE ALTA E BAIXA DEMANDA ATMOSFÉRICA

Cleverson H. de F.¹, Marcel C. A.², Fabrina B. M.³, Rodolfo A. de A. P.⁴

¹ Graduando em Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG, Fone: (0xx35) 36291707, sonhfreitas@gmail.com.

² Eng. Florestal, Mestrando em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG

³ Eng. Florestal, Prof. Adjunto, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG

⁴ Graduando em Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

RESUMO: Quando a disponibilidade de água no solo é reduzida as plantas respondem negativamente em diferentes parâmetros, como, morfológico e fisiológico. O objetivo deste trabalho foi analisar as respostas desses parâmetros em condições de alta e baixa demanda atmosférica em mudas de *Eucalyptus citriodora* (Hook). Um experimento foi realizado em casa de vegetação pertencente à Universidade Federal de Itajubá, MG utilizando a metodologia da fração de água transpirável no solo (FATS). Os resultados mostraram que para o *E. citriodora* a FATS crítica foi maior em condições de maior demanda atmosférica (DPV > 15hPa) para área foliar normalizada (AF_n), com valor de 0,51 e maior em condições de menor demanda atmosférica (DPV < 15hPa) para transpiração relativa (TR) com 0,48.

PALAVRAS-CHAVE: FATS, DPV, transpiração relativa, área foliar.

RESPONSE OF MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS APPLIED IN SEEDLINGS OF *Eucalyptus Citriodora* (HOOK) IN SOIL WATER DEFICIT UNDER HIGH AND LOW ATMOSPHERIC DEMAND

ABSTRACT: When the soil available water is reduced, plants respond negatively in different parameters, such as morphological and physiological. The aim of this work was to analyse the response of these parameters under high and low atmospheric demand in seedlings of *Eucalyptus citriodora* (Hook). A greenhouse experiment was conducted at the Federal University of Itajubá, MG, Brazil and was used the Fraction of transpirable soil water (FTSW). The results showed that for *E. citriodora*, the critic FTSW was higher under DPV > 15hPa conditions for normalized leaf area (AF_n), with value 0.51 and higher under DPV < 15hPa conditions for relative transpiration (TR) with 0.48.

KEYWORDS: FTSW, DPV, relative transpiration, leaf area.

INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* é o gênero florestal mais plantado no Brasil, com aproximadamente 4,5 milhões de hectares, e manejado intensivamente principalmente para a obtenção dos produtos como polpa celulósica, papel, madeira para serraria e geração de energia (ABRAF, 2012). Minas Gerais tem importância no cenário nacional, pois é o estado com maior área plantada com espécies do gênero *Eucalyptus* (ABRAF, 2012).





Dentre as espécies de eucalipto, destaca-se o citriodora, ou cheiroso (*Eucalyptus citriodora* (Hook) atualmente chamado também por *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson), que tem o seu cultivo ampliado no Brasil, ano após ano, pelas suas características de rápido crescimento e adaptação edafoclimática, além das características silviculturais e da qualidade de sua madeira (MORAIS et al., 2010).

Quando a disponibilidade de água no solo é reduzida as plantas respondem em diferentes níveis como morfológico, fisiológico, celular e até metabólico, e as respostas das plantas dependem da duração e da severidade do déficit, da espécie e do estágio de desenvolvimento considerado (SANTOS e CARLESSO, 1998; MORENO-FONSECA, 2009). A influência do déficit hídrico do solo nas plantas pode ser quantificada por meio da fração de água transpirável no solo (FATS) proposto por SINCLAIR e LUDLOW (1986).

A resposta de parâmetros da transpiração e área foliar à FATS, assim como a relação das mesmas em condições de alta e baixa demanda evaporativa do ar (demanda atmosférica) pela deficiência hídrica não foi estudada em muitas espécies de eucalipto, inclusive em *Eucalyptus citriodora*, o que constituiu objetivo deste trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi instalado um experimento na casa de vegetação da Universidade Federal de Itajubá (22° 30'S, 45°27'Oe altitude: 850 metros). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por dois tratamentos (T1 = sem déficit hídrico (com irrigação) e T2 = com déficit hídrico (sem irrigação)) e 9 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 distrófico típico, devidamente corrigido (CFSEMG, 1999).

A semeadura foi feita no dia 19/10/2012 e a emergência ocorreu no dia 21/10/12. Foram feitos raleios sucessivos deixando ao fim apenas duas plantas por vaso. A deficiência hídrica foi imposta quando as plantas tinham, em média, 25 folhas acumuladas na haste principal.

As variáveis meteorológicas temperatura mínima e temperatura máxima do ar foram obtidas diariamente com o auxílio de um conjunto de termômetros de álcool e de mercúrio respectivamente, instalados no interior de um miniabrigo meteorológico dentro da casa de vegetação. A deficiência hídrica foi imposta quando as plantas tinham em média 25 folhas na haste principal. Também foi analisada a demanda atmosférica (DPV), que expressa a diferença entre a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera saturada de vapor d'água (e_s) e a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera (e_a). Os valores de e_s , e_a e DPV foram obtidos pelas expressões:

$$e_s = 0,611 * 10^{\frac{7,5*t}{237,5+t}} \quad (1)$$

$$e_a = \frac{(UR * e_s)}{100} \quad (2)$$

$$DPV = e_s - e_a \quad (3)$$

em que UR é a umidade relativa às 15h e t é a temperatura média do ar (temperaturas máxima e mínima). Os dados de UR foram coletados da estação meteorológica automática da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).





As variáveis quantificadas foram: parâmetro fisiológico do crescimento, baseado na transpiração relativa (TR), e morfológico dado pela área foliar normalizada (AF_n) e FATS. Estas variáveis foram obtidas para cada vaso. TR e a AF_n foram calculadas por:

$$V_n = \frac{VTR10\% - Vdia}{VTR10\% - Vinicial} \quad (4)$$

em que V_n é variável normalizada (TR, AF_n), VTR10% é o valor da variável quando a TR foi 10 % (final do experimento), V_{dia} é o valor da variável no dia específico e $V_{inicial}$ é o valor da variável no primeiro dia do experimento.

A FATS foi calculada por:

$$FATS = \frac{\text{Massa de cada vaso em cada dia} - \text{Massa final}}{\text{Massa inicial de cada vaso} - \text{Massa final}} \quad (5)$$

A massa inicial é o peso dos vasos no primeiro dia de imposição da deficiência hídrica, ou seja, o peso dos vasos na capacidade de campo. A massa final é o peso do balde quando a $TR \leq 0,1$. O limite de 0,1 (10%) foi imposto por assumir-se que abaixo dessa taxa de transpiração os estômatos estão fechados e a perda de água é devida apenas pela condutância epidérmica (SINCLAIR e LUDLOW, 1986).

A resposta entre TR e AF_n à FATS foi avaliada ajustando-se o modelo logístico. Com esse modelo foi possível determinar para a espécie de eucalipto qual o valor de FATS em que reduz a transpiração relativa e a condutância estomática.

$$TR / AF_n = \frac{a}{(1 + \exp(-(FATS - x_0)/b))} \quad (6)$$

em que a, b e x_0 são coeficientes da equação logística.

As variáveis TR e AF_n foram submetidas a duas normalizações. A primeira normalização foi dada pela equação 4. A segunda normalização (TR_2/AF_n2) foi feita afim de reduzir as variações entre plantas, causadas por diferenças no tamanho das plantas e nas condições microambientais). Para isso, foi utilizado o parâmetro de 0,55 onde a FATS foi constante entre as plantas e também a planta não sofreu déficit hídrico (LAGO et al., 2012 a,b). Depois de selecionado o parâmetro (0,55), foi calculado, para cada planta, a média dos valores de TR e AF_n com respectivos valores de FATS igual ou maior a 0,55 e cada valor de TR_1 e AF_n1 (equação 4) foi dividido por estas médias (SINCLAIR e LUDLOW, 1986; LAGO, 2011) pela expressão:

$$TR_2 / AF_n2 = \frac{TR_1 / AF_n1}{TR_1 / AF_n1 \text{ média dos dias com FATS acima de } 0,55} \quad (7)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período da aplicação do déficit hídrico o qual teve início no dia 28/01/2013 e finalização no dia 11/02/2013, totalizando 15 dias, as plantas foram submetidas à grandes variações de temperatura, cujos valores oscilaram entre 19,2°C (valor mínimo de temperatura mínima) e 54°C (valor máximo de temperatura máxima), a média das temperaturas máximas, mínimas e médias do ar foram respectivamente, 43,2°C, 20,4°C e 31,8°C.

Os valores de DPV acima de 15hPa indicam dias com maior demanda evaporativa (LAGO et al., 2011, LAGO et al., 2012). Os dias de aplicação do déficit hídrico, apresentaram média de DPV igual a 14,3 hPa. Em 7 dos 15 dias de duração da deficiência hídrica (cerca de 46,7%), foram registrados maiores DPV, ou seja, dias em que houve maior transpiração das plantas e





consequentemente foram submetidas a maior estresse afim de contrabalancear o conteúdo de água presente no solo com a perda pela transpiração.

A demanda evaporativa pode afetar os valores de FATS crítica (LAGO et al., 2012a, b). Para isso, os dados de TR e AF_n foram separados em dias com maior e menor DPV (limiar de 15hPa) (Figura 1). Ray et al. (2002) levantou a hipótese de que em condições de maior DPV, a probabilidade das plantas transpirem mais seria maior, ou seja, elas precisariam de um maior fluxo de água no solo ou maior umidade no ar, e como no experimento estariam em condição de estresse hídrico, apresentariam maiores valores de FATS crítica, porém essa hipótese não foi confirmada, ou seja, não houve variação significativa nos valores de FATS crítica com diferentes valores de DPV.

Ao se analisar os valores de FATS crítica nos dias de maior e menor DPV para a TR, a relação resultada foi o contrário do esperado e a mesma situação observada por Ray et al. (2002) onde em dias de maior demanda evaporativa, o valor da FATS crítica foi menor (0,26) do que o encontrado para os dias de menor demanda (0,48). Isso pode indicar que o *E. citriodora* além de possuir um controle estomático bastante eficiente, utiliza outros meios de controlar o consumo da água durante as condições de deficiência hídrica severa. Lago et al. (2011) também obteve o mesmo padrão de FATS que o apresentado para *E. citriodora* com valor de FATS crítica de 0,44 para a ‘Fécua Branca’ em dias de maior demanda e 0,46 para dias de menor demanda. Em trabalhos com soja (FLETCHER et al., 2007), sorgo (GHOLIPOOR et al., 2010) e milho (KHOLOVÁ et al., 2010), houve variabilidade genética na resposta da transpiração, em diferentes condições de demanda evaporativa, em que dias com maior demanda obtiveram valores de FATS.

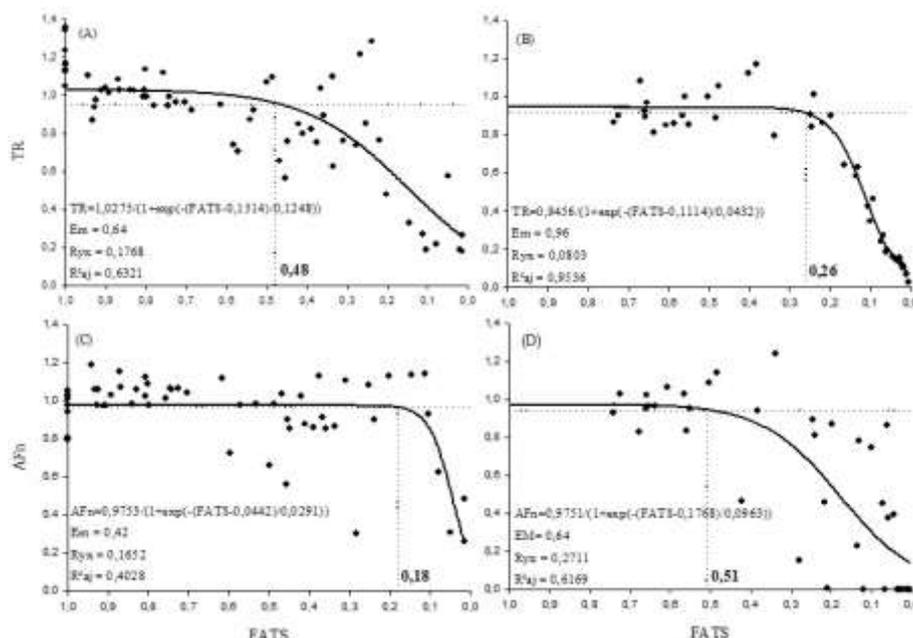


Figura 1 – Transpiração relativa (TR) e Área foliar normalizada (AF_n) para os dados normalizados em função da Fração de água transpirável no solo (FATS) para mudas de *E. citriodora* cultivadas em casa de vegetação e início da aplicação do déficit hídrico em 28/01/2013. Itajubá, MG, 2013. Em (A) e (C) representam os dados em





dias com menor demanda evaporativa ($DPV < 15hPa$) e em (B) e (D) os dias com maior demanda evaporativa ($DPV > 15hPa$). Os valores de FATS crítica estão indicados logo ao lado direito da linha tracejada.

Já a AF_n apresentou valor de FATS crítica maior em condições de alta demanda atmosférica ($DPV > 15hPa$) (0,51), enquanto em dias com $DPV < 15hPa$, encontrou-se valor de FATS crítica de 0,18. Percebe-se que a curva de AF_n para dias com $DPV < 15hPa$ ficou constante até próximo ao final do experimento, quando a TR foi igual a 10%, ou seja, houve redução da área foliar como mecanismo de defesa da espécie, com o intuito de manter o turgor celular e reduzir a transpiração excessiva. Além disso, houve aceleração da queda de folhas mais velhas objetivando transpirar menos e efetuar fotossíntese. Assim, a hipótese de Ray et al. (2002) que em condições de alta demanda atmosférica a FATS crítica seria maior foi possível ser confirmada a partir desses resultados.

As equações logísticas ajustadas da transpiração relativa (TR) em função da Fração de água transpirável no solo (FATS) obtiveram altos valores de eficiência do modelo e coeficiente de determinação ajustado, e baixos valores de erro padrão de estimativa, o que significa que as equações conseguiram representar bem os dados observados, enquanto para AF_n os valores estatísticos foram bons para a equação com $DPV > 15hPa$ e baixos para dias em que a demanda evaporativa foi menor.

CONCLUSÕES

A demanda evaporativa do ar influenciou no valor de FATS crítica da TR, uma vez que em condições de alta demanda evaporativa, o valor de FATS crítica foi 0,26 quando comparada aos dias com baixa demanda evaporativa com valor de FATS crítica de 0,48. Já para AF_n , o valor da FATS crítica também foi influenciado pela demanda evaporativa do ar, com maior valor em dias com maior demanda evaporativa (0,51) e menor em dias de menor demanda (0,18). Assim, o *E. citriodora* pode ser considerado tolerante ao estresse hídrico no solo, pois conseguiu administrar eficientemente a falta de água no solo (15 dias).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo auxílio financeiro e bolsa concedida ao primeiro autor e pelos acadêmicos Carolina Bernardes e Gustavo Magno pelo auxílio nas coletas dos dados.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF 2012: ano base 2011**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>. Acesso em 21 fev. 2013.
- FLETCHER, A.L.; SINCLAIR, T.R.; ALLEN JUNIOR, L.H. Transpiration responses to vapor pressure deficit in well watered 'slow-wilting' and commercial soybean. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v.61, p.145-151, 2007.
- GHOLIPOOR, M.; VARA PRASAD, P. V.; MUTAVA, R. N.; SINCLAIR, T. R. Genetic variability of transpiration response to vapor pressure deficit among sorghum genotypes. **Field Crops Research**, Madison, v.119, p.85-90, 2010.





- KHOLOVÁ, J.; HASH, C. T.; KUMAR, P. L.; YADAV, R. S.; KOČOVÁ, M.; VADEZ, V. Terminal drought-tolerant pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] have high leaf ABA and limit transpiration at high vapour pressure deficit. **Journal of Experimental Botany**, Amsterdam, v.61, p.1431-1440, 2010.
- LAGO, I.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A.; SOUZA, A. T.; SILVA, M. R.. Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao déficit hídrico no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.11, p.1415-1423, 2011
- LAGO, I.; STRECK, N. A.; HANAUER, J. G.; ZANON, A. J.; CARLI, C. de.; WINCK, J. E. M. Fração de água transpirável no solo crítica para a transpiração e o crescimento foliar de batata em condição de baixa e alta demanda evaporativa do ar. Congresso Brasileiro de Meteorologia, Gramado, 2012a. Disponível em: (<<http://www.cbmet2012.com/anais/pdfs/4YGY.pdf>>). Acesso em 01 abr. 2013.
- LAGO, I.; STRECK, N. A.; ZANON, A. J.; HANAUER, J. G.; BISOGNIN, D. A.; SILVA, M. R.; Transpiração e crescimento foliar de clones de batata em resposta à fração de água transpirável no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.3,p.745-754, 2012b.
- MORAIS, E.; ZANOTTO, A. C. S.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; SEBBEN, A. M. Variação genética, interação genótipo solo e ganhos na seleção em teste de progênie de *Corymbia citriodora* Hook em Luiz Antonio, São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 11-18, 2010.
- MORENO-FONCECA, L. P. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Uma revisión. **Agronomia Colombiana**, Bogotá, v. 27, n. 2, p. 179-191, 2009.
- RAY, J. D.; SINCLAIR, T. R. Stomatal conductance of maize hybrids in response to drying soil. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 3, p. 803-807, 1997.
- RAY, J.D.; GESCH, R.W.; SINCLAIR, T.R.; ALLEN, L.H. The effect of vapor pressure deficit on maize transpiration response to a drying soil. **Plant and Soil**, Amsterdam, v.239, p.113-121, 2002.
- SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.
- SINCLAIR, T.R; LUDLOW, M.M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal Plant Physiology**, Victoria, v.13, p. 319-340, 1986.

