

Potencial hídrico foliar de eucalipto cultivado com fonte alternativa de nutrientes⁽¹⁾

Eric Victor de Oliveira Ferreira⁽²⁾; Alexandre Vicente de Ferraz⁽³⁾; Fábio Henrique Silva Floriano de Toledo⁽⁴⁾; Yesid Alejandro Mariño Macana⁽⁵⁾; José Carlos Arthur Júnior⁽⁶⁾; José Leonardo de Moraes Gonçalves⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESP, Mineradora Curimbaba e International Paper do Brasil.

^(2;3) Pós-doutorando (bolsistas FAPESP e CNPq) do Departamento de Ciências Florestais; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-ESALQ (Universidade de São Paulo-USP); Piracicaba, São Paulo; ericsolos@yahoo.com.br, avferraz@usp.br; ^(4;5) Doutorando (bolsista CAPES) em Recursos Florestais; ESALQ/USP; fhtoledo@usp.br, yesidmarino@usp.br; ⁽⁶⁾ Coordenador Executivo do Programa Cooperativo sobre Silvicultura e Manejo (PTSM); Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF); arthur@ipef.br; ⁽⁷⁾ Professor do Departamento de Ciências Florestais; ESALQ/USP; jlmgonca@usp.br.

RESUMO: A utilização de fontes alternativas de nutrientes é de grande interesse, visto que elas podem também possuir outros elementos, como silício (Si) e sódio (Na), que influenciam no consumo de água pelas plantas. Este estudo objetivou avaliar o potencial hídrico foliar (Ψ_{wf}) e a produtividade de eucalipto cultivado com fontes alternativas de potássio (K) e Na. O experimento foi instalado em junho de 2013, no município de Luiz Antônio-SP, com o plantio do clone IPB8 (*E. grandis* x *E. urophylla*) em um Latossolo Vermelho Amarelo. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições e seis tratamentos: Testemunha (10 kg ha^{-1} de K_2O), KCl1, KCl2 e KCl3 ($60, 120$ e 180 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente), Fonolito (180 kg ha^{-1} de K_2O) e NaCl (107 kg ha^{-1} de Na_2O). Foi avaliado o Ψ_{wf} antemanhã (AM) e ao meio dia (MD) em novembro de 2014 e em janeiro, março e maio de 2015, além da produtividade das plantas em abril deste ano. Existe influência das fontes de K e Na no Ψ_{wf} , entretanto não há um padrão definido de resposta até os 23 meses de idade do plantio. Há uma tendência de efeito inicial benéfico da utilização do Fonolito, como fonte alternativa de K, no crescimento das plantas de eucalipto.

Termos de indexação: água, potássio, sódio.

INTRODUÇÃO

Água e nutrientes são os principais fatores que controlam o crescimento de plantações florestais (Nambiar et al., 1990). O potássio (K) é o macronutriente mais requerido pelo eucalipto (Gonçalves et al., 2008), sendo suas principais funções relacionadas aos processos de fotossíntese, translocação de açúcares e balanço iônico (Marschner, 2012).

O elevado custo atual dos fertilizantes potássicos, em especial o KCl, atrelado à grande dependência de sua importação para suprir a

demanda nacional sugere a necessidade de estudos que avaliem a eficiência de fontes alternativas de nutrientes (Martins et al., 2015), como é o caso da rocha Fonolito, que além do K (8 % de K_2O total), possui também silício (52 % de SiO_2) e sódio (7 % de Na_2O), elementos considerados benéficos.

O Si, acumulado abaixo da cutícula, reduz a taxa de transpiração cuticular, diminuindo, assim, o consumo de água pela planta. O principal papel do Na é substituir o K em determinadas funções fisiológicas (Marschner, 2012), sendo já verificada resposta positiva da sua aplicação no crescimento de eucalipto (Almeida et al., 2010). Entender o papel do K e do Na na redução do estresse hídrico é necessário para refinar práticas silviculturais em plantios florestais (Epron et al., 2011).

Pouco se conhece sobre ecofisiologia do uso da água ao nível de povoamento (Beadle & Turnbull, 1992). Poranto, existe a necessidade de se estudar o impacto hidrológico de cada espécie de eucalipto sob as condições de interesse (Kallarackal & Somen, 1997). Embora certas espécies de eucalipto tenham evoluído em ambiente seco, mudanças no status hídrico da planta influenciam fortemente sua fisiologia e crescimento (Metcalf et al., 1990). O potencial hídrico foliar (Ψ_{wf}) antemanhã é usado para estimar mudanças em níveis mínimos de stress hídrico, e em eucalipto ele pode diminuir a - 4 MPa (White et al., 2000). Esta variável, assim como o déficit de pressão de vapor da atmosfera, regula a condutância estomática em eucalipto (Kallarackal & Somen, 1997).

O presente estudo objetivou avaliar o Ψ_{wf} de clone de eucalipto, em diferentes épocas, cultivado com fontes alternativas de K e Na, e sua relação com a produtividade desta espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Luiz Antônio-SP em área pertencente à empresa florestal

International Paper do Brasil. O clima da região é do tipo mesotérmico úmido (Cwa), pela classificação de Koeppen, com precipitação média anual de 1400 mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (20 % de argila). De acordo com classificação de Gonçalves (2011), na época de instalação do experimento, o solo apresentava muito baixo teor de K ($< 0,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Foi realizado, em junho de 2013, o plantio do clone IPB8 (*E. urophylla* x *E. grandis*) no espaçamento 3 x 2,5 m. As parcelas úteis foram constituídas por 16 plantas (quatro linhas de quatro plantas cada).

Tratamentos e amostragens

O experimento foi instalado em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e treze tratamentos, sendo selecionados seis tratamentos para este estudo. Estes são constituídos de fontes de K e Na: Testemunha (10 kg ha^{-1} de K_2O), KCl1, KCl2 e KCl3 ($60, 120$ e 180 kg ha^{-1} de K_2O via KCl, respectivamente), Fonolito (180 kg ha^{-1} de K_2O) e NaCl (107 kg ha^{-1} de Na_2O via NaCl). Todos os tratamentos receberam no plantio aplicação de 60 kg ha^{-1} de N, 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 20 kg ha^{-1} de FTE (*Frited Traced Elements*), 5 kg ha^{-1} de B e 2000 kg ha^{-1} de calcário dolomítico.

Para a avaliação do potencial hídrico foliar (Ψ_{wf}), foram selecionadas quatro plantas com CAP média por parcela útil, sendo realizada a leitura em folhas completamente expandidas (uma folha/árvore) no terço médio de cada planta. As leituras foram feitas com a câmara de pressão tipo Sholander na antemanhã-AM ($\approx 5 \text{ h}$) e ao meio dia-MD ($\approx 13 \text{ h}$) em novembro de 2014 e em janeiro, março e maio de 2015.

Em abril de 2015, foram medidas a circunferência à altura do peito (CAP, 1,30 m), com fita métrica, e a altura (H), com hipsômetro, de todas as árvores da área útil da parcela para a estimativa da produtividade em volume de madeira por hectare, utilizando fator de forma de 50 %, considerando a densidade populacional (1333 plantas/ha).

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e, quando significativos ($p < 0,10$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Também foi realizada a análise de correlação de Pearson entre o Ψ_{wf} , considerando todas as épocas de avaliação, e produtividade das plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como esperado, os valores de Ψ_{wf} AM foram sempre menos negativos que os valores de Ψ_{wf} MD

(Figura 1). A alta irradiância estimula diretamente a abertura dos estômatos, a baixa umidade do ar e a transpiração excessiva causam diminuição no Ψ_{wf} , o que pode levar ao fechamento estômático (Marenco et al., 2006), a ponto de evitar que o Ψ_{wf} desça a níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água (Oren et al., 1999). Kallarackal & Somen (1997) também encontraram em *E. tereticornis* valores maiores para o Ψ_{wf} AM ($-0,71 \text{ MPa}$) comparados ao Ψ_{wf} MD ($-1,68 \text{ MPa}$).

Houve influência das fontes de K e Na no Ψ_{wf} , porém, de forma geral, até o momento não houve um padrão de resposta do mesmo nas diferentes épocas de avaliação em relação aos tratamentos aplicados (Figura 1). Na antemanhã (AM), em novembro os valores de Ψ_{wf} foram mais negativos nas plantas do tratamento NaCl, sendo que a testemunha e o KCl3 indicaram os maiores valores de Ψ_{wf} (Figura 1a). Já em janeiro, a testemunha e o Fonolito proporcionaram os menores Ψ_{wf} e o NaCl e KCl2 os maiores (Figura 1b). Em março, foi a única época de avaliação que não houve influência das fontes de K e Na no Ψ_{wf} AM (Figura 1c). Em maio, as plantas crescidas com o KCl3 se destacaram apresentando o menor Ψ_{wf} (Figura 1d). A fertilização com N, em relação às plantas controles, em *E. globulus* proporcionou valores mais negativos de Ψ_{wf} AM (White et al., 2009).

Ao meio dia (MD), as plantas fertilizadas do tratamento KCl3 destacaram-se das demais por apresentar menor Ψ_{wf} em novembro (Figura 1a). Mesmo comportamento ocorreu em janeiro, juntamente com o tratamento Fonolito, sendo que nesta época o KCl1 proporcionou o maior valor de Ψ_{wf} (Figura 1b). Já em março, este tratamento, juntamente com a testemunha, indicou o menor Ψ_{wf} , sendo no KCl2 o maior valor observado (Figura 1c). Em maio, o Ψ_{wf} foi novamente maior nas plantas do tratamento KCl2, sendo que na omissão de K (testemunha) e a fertilização com este nutriente via Fonolito, propiciaram os valores mais negativos de Ψ_{wf} (Figura 1d).

Como citado anteriormente, não existiu um padrão claro de comportamento do Ψ_{wf} em relação aos tratamentos aplicados, pois tanto as plantas que não receberam fertilização com K (testemunha), como as fertilizadas com este nutriente, apresentaram valores mais negativos de Ψ_{wf} , de acordo com a época de avaliação (Figura 1). Battie-Laclau et al. (2014) verificaram que o Ψ_{wf} AM de *E. grandis* exibiu forte variação sazonal durante o segundo e terceiro ano após plantio.

O tratamento KCl3 e Fonolito se destacaram, respectivamente, com a menor e a maior produtividade (Figura 1e). Tal fato pode ser

indicativo de um efeito benéfico inicial do Si presente no Fonolito. Entretanto, mesmo existindo tais diferenças em produtividade das plantas, estas ainda são pequenas e se iniciaram apenas no último inventário. Talvez, esta pequena resposta em crescimento das plantas até o momento, não tenha favorecido um padrão definido do Ψ_{wf} nas diferentes épocas de avaliação. Melo (2014) observou resposta em crescimento à aplicação de K em plantações de eucalipto apenas a partir do segundo ano de cultivo. Foi verificado que a fertilização com K e Na reduziu o Ψ_{wf} AM e o Ψ_{wf} MD de *E. grandis*, porém o efeito da fertilização foi evidenciado somente a partir de 480 dias após o plantio (Battie-Laclau et al., 2014). Dessa maneira, espera-se que haja maior resposta em crescimento e do Ψ_{wf} com aumento da idade do plantio. Destaca-se que, de maneira geral, o Ψ_{wf} foi mais sensível em detectar diferenças entre tratamentos do que a produtividade das plantas (**Figura 1**).

Observa-se que não existiu correlação entre os valores de Ψ_{wf} e a produtividade das plantas (**Figura 1f**). Contrariamente, Kallarackal & Somen (1997) e White et al. (2009) encontraram correlação negativa entre produção e Ψ_{wf} de eucalipto. Plantas mais produtivas possuem maior área foliar aumentando a superfície transpiratória, o que resulta em valores mais negativos de Ψ_{wf} . Em eucalipto também já foi verificado que condições que promovem maior produção de matéria seca também favorecem maior fluxo transpiratório (Nunes, 2010).

CONCLUSÕES

Existe influência das fontes de K e Na no Ψ_{wf} , entretanto não há um padrão definido de resposta até os 23 meses de idade do plantio;

Há uma tendência de efeito inicial benéfico da utilização do Fonolito, como fonte alternativa de K, no crescimento das plantas de eucalipto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências (FAPESP, CNPq e CAPES) pelas bolsas de pesquisa e também ao PTSM-IPEF por todo apoio logístico prestado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. R. et al. A positive growth response to NaCl applications in Eucalyptus plantations established on K-deficient soils. *Forest Ecology and Management*, 259:1786-1795, 2010.

BATTIE-LACLAU, P. et al. Effects of potassium and sodium supply on drought-adaptive mechanisms in Eucalyptus grandis plantations. *New Phytologist* (2014), doi: 10.1111/nph.12810.

BEADLE, C. L. & TURNBULL, C.R. Comparative growth rates of eucalyptus in native forest and in plantation monoculture. In: CALDER, I. R.; HALL, R. L.; ADLARD, P. G., eds. *Growth and water use of forest plantations*. Chichester: John Wiley, 1992. p.318-331.

EPRON, D. et al. Do changes in carbon allocation account for the growth response to potassium and sodium applications in tropical *Eucalyptus* plantations? *Tree Physiology*, 32:667-679, 2011.

GONÇALVES, J. L. M. Fertilização de plantação de eucalipto. In: Encontro Brasileiro de Silvicultura, II., Campinas, 2011. Anais. Campinas: FUPEF, 2011. p 85-113.

KALLARACKAL, J. & SOMEN, C. K. Water use by *Eucalyptus tereticornis* stands of differing density in southern India. *Tree Physiology*, 17:195-203, 1997.

MARENCO, R. A. et al. Hydraulically based stomatal oscillations and stomatal patchiness in *Gossypium hirsutum*. *Functional Plant Biology*, 33:1103-1113, 2006.

MARSCHNER, P. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd ed. London: Academic Press, 2012. 651p.

MARTINS, V. et al. Effect of alternative multinutrient sources on soil chemical properties. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39:194-204, 2015.

MELO, E. A. S. C. Nutrição e fertilização de plantações clonais de eucalipto sob diferentes condições edafoclimáticas. [tese] Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo; 2014.

METCALFE, J. C.; DAVIES, W. J.; PEREIRA, J. S. Leaf growth of Eucalyptus globulus seedlings under soil water deficit. *Tree Physiology*, 6: 221-227, 1990.

NAMBIAR, E. K. S. et al. Management of water and nutrient relations to increase forest growth. *Forest Ecology and Management*. 30:1-476, 1990.

NUNES, F. N. Crescimento e expressão gênica em clones de eucalipto influenciados pelo boro e déficit hídrico. [tese] Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 2010.

OREN, R. et al. Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. *Plant Cell and Environment*, 22:1515-1526, 1999.

WHITE, D. A. et al. Managing productivity and drought risk in *Eucalyptus globulus* plantations in south-western Australia. *Forest Ecology and Management*. 259: 33-44, 2009.

WHITE, D. A.; TURNER, N. C.; GALBRAITH, J. H. Leaf water relations and stomatal behavior of four allopatric Eucalyptus species in Mediterranean south-western Australia. *Tree Physiology*, 20:1157-1165, 2000.

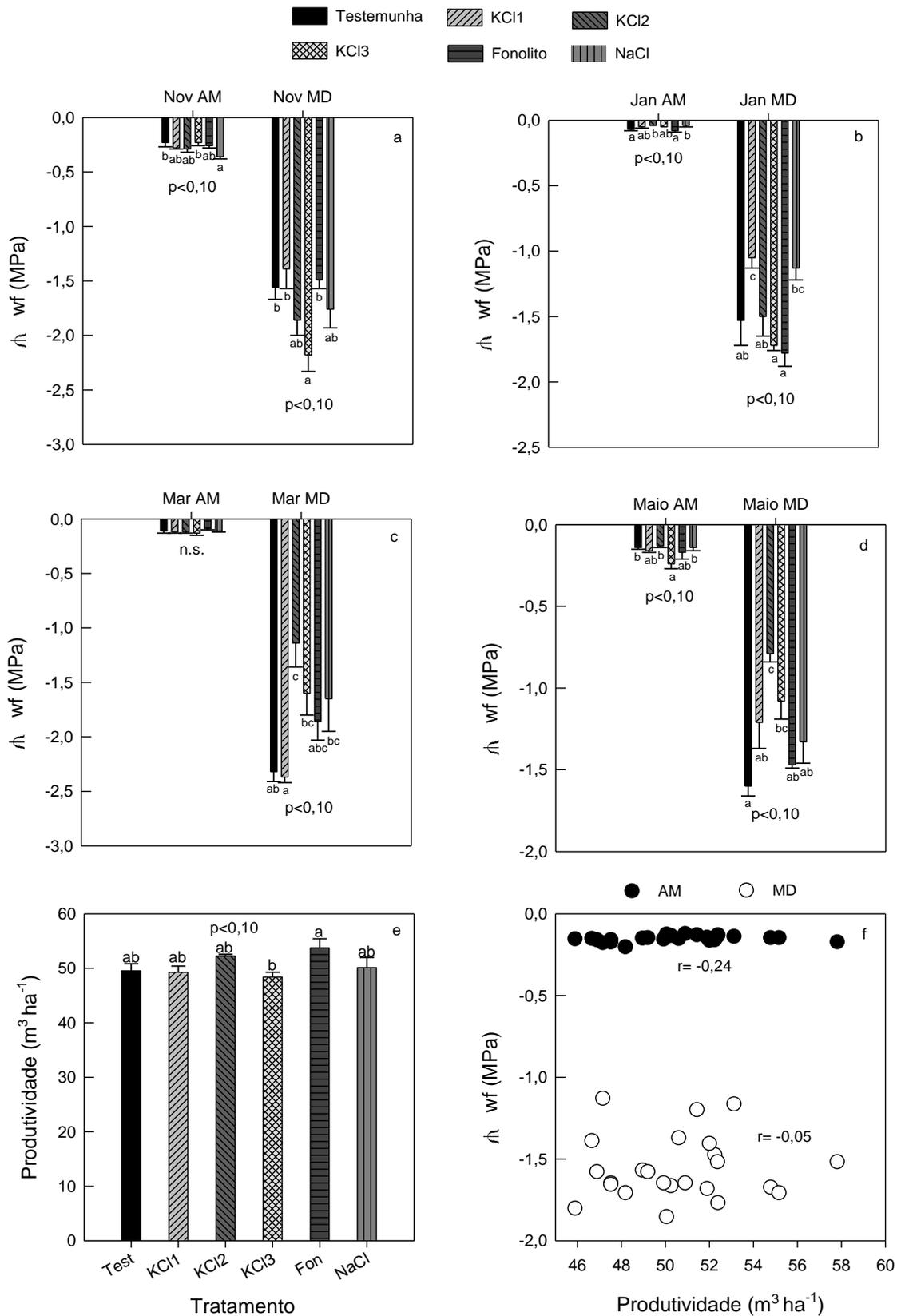


Figura 1 – Potencial hídrico foliar (Ψ_{wf}) de eucalipto em antemãhã (AM) e ao meio dia (MD) em novembro de 2014 (a) e em janeiro (b), março (c) e maio (d) de 2015, produtividade (e) em função dos tratamentos e correlação entre Ψ_{wf} e produtividade (f). Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada período de avaliação, são consideradas estatisticamente iguais pelo teste de Tukey ($p < 0,10$). Barras nas colunas representam o erro padrão.