



Uso de isótopos com um proxy para quantificação de uso e eficiência da água em plantios de eucalipto ao longo de um gradiente climático no Brasil

Hyngrid Jaiely Araújo Félix¹

Fernanda Leite Cunha¹

Rafael Rubilar¹

Josiana Jussara Nazaré Basílio¹

Otávio Camargo Campoe¹

¹Universidade Federal de Lavras (hyngridfelix@gmail.com, fernandaleitecunha@gmail.com, rafaelrubilar@udec.cl, josianajussara@gmail.com, otavio.campoe@ufla.br)

RESUMO: *Estimativas do uso e eficiência da água são primordiais para o planejamento do manejo florestal e são pontos chaves para os estudos de melhoramento genético. Dessa forma, o presente trabalho teve dois principais objetivos 1) Compreender o uso e a eficiência da água, através de análises de isótopos de ¹³C, em plantios de eucalipto, 2) compreender o UEA em dois clones de eucalipto (Produtivo -A1, Tolerante a seca C3), em três locais (seco, médio e úmido), no Brasil. Foi encontrado que o clone A1 apresentou maior uso e eficiência da água que o clone C3, e que à medida que a temperatura é reduzida e o déficit hídrico aumenta, os clones aumentaram o uso e a eficiência da água. Os nossos resultados demonstram grande eficiência do uso de ¹³C para mensurar o UEA, devido aos resultados encontrados corroboram com os já existentes na literatura.*

Palavras-chave: Manejo Florestal, Isótopos de Carbono, Uso de Água, Plantios Florestais

Introdução

Vários avanços importantes foram alcançados no estudo da eficiência do uso de água pelas plantas, tornando-se uma característica valiosa para o planejamento florestal e o melhoramento genético, que busca desenvolver culturas resistentes à seca (Vaishnav et al., 2021). Além disso, a eficiência do uso de água é considerada um indicador da produtividade da planta que é altamente influenciada por fatores climáticos como o aumento da concentração de CO₂, temperaturas variáveis, precipitação e umidade (Hubbard et al., 2020). A razão de isótopos de carbono (¹³C/¹²C) ou a discriminação de isótopos de carbono é uma das técnicas mais bem-sucedidas usadas como marcador fisiológico para medir a alta eficiência de uso de água nas plantas (Farquhar et al., 1989; Gomes, 2013).

Apesar dos avanços na literatura sobre o uso da água em plantios de eucalipto, ainda são necessários maiores esforços para compreender os mecanismos que conduzem o uso e eficiência da água das árvores para a adaptação das práticas de manejo em áreas sujeitas à escassez de água (Hakamada et al. 2020). Portanto o trabalho teve dois objetivos 1) compreender o potencial do uso de isótopos de carbono para mensurar o UEA em plantios de eucalipto, através de análises de isótopos de ¹³C, 2) Avaliar o UEA em dois clones de eucalipto com diferentes características de crescimento e tolerância a seca, em diferentes gradientes climáticos no Brasil.



Material e métodos

Foram escolhidos três locais de estudo dentro da pesquisa experimental da plataforma TECHS, os quais apresentam condições edafoclimáticas contrastantes (Binkley et al., 2020). O local mais seco e quente (30) está localizado perto de Bocaiúva – MG, com precipitação de 622 mm ano⁻¹ e uma temperatura média anual de 24,7 °C. O sítio com condições climáticas intermediárias, caracterizado como mésico (20), está localizado próximo da cidade de Mogi Guaçu – SP, e apresenta precipitação em torno de 1088 mm ano⁻¹, com uma temperatura média anual de 21,0 °C. Já o local úmido (22) se encontra próximo a cidade de Telêmaco Borba – PR, com precipitação de 1380 mm ano⁻¹ e temperatura média anual foi de 18,05 °C.

Para o estudo, foram utilizados apenas dois clones, o primeiro é A1 (*Eucalyptus urophylla*), largamente plantado no Brasil, conhecido pelo seu rápido crescimento e produtividade, contudo possui baixa tolerância à seca. Já o segundo C3 (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*), possui crescimento mais lento e menor produtividade, mas é mais tolerante à seca. O plantio dos clones foi conduzido no espaçamento de 3x3 metros, com parcelas de 0,2 ha em todos os três locais e foram utilizadas apenas as parcelas em que não houve a redução da chuva.

Para obter a estimativa indireta do uso e eficiência da água, foi avaliado a concentração de ¹³C, no lenho das árvores. Para isso, aos cinco anos de idade, foram abatidas cinco árvores de cada clone em cada sítio, das quais foram coletados dois discos de madeira, de 5 cm de espessura, na base e 75% da altura total de cada árvore.

Dos discos coletados, a primeira amostra foi retirada próxima à casca, a segunda no ponto médio entre a casca e o centro do disco, e a última no centro do disco, totalizando 180 amostras. As amostras de madeira foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem peso constante, e depois moídas, armazenadas em frascos de plástico lacrados de 2 ml. Posteriormente foram encaminhadas para a Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, no Chile, para determinação dos isótopos do C. A discriminação isotópica entre carbono do CO₂ atmosférico e carbono vegetal, resultante do uso preferencial de ¹²C sobre ¹³C durante a fotossíntese, é definida na Equação 1 (Farquhar e Richards, 1984), em que os valores de TM ¹³C serão expressos em relação ao padrão internacional Pee Dee Belemnite, em partes por mil (‰).

$$\Delta = \frac{(\delta^{13}C_{atm} - \delta^{13}C_{madeira})}{\left(\frac{1 + (\delta^{13}C_{madeira})}{1000}\right)} \quad (1)$$

Em que: Δ : discriminação isotópica, $\delta^{13}C_{atm} = -8‰$.



Para analisar a performance do uso e eficiência da água, para os três sítios e para os dois clones avaliados, por meio das análises de isótopos de ^{13}C , foram gerados histogramas e o desvio padrão dos dados.

Resultados e discussão

A discriminação de isótopos de carbono é empregada como um marcador fisiológico para alta UEA nas plantas, em razão da correlação significativamente negativa com o UEA, de forma que quando mais negativo os valores de ^{13}C , menor é o UEA. No nosso trabalho, encontramos que houve um aumento do uso da água à medida que houve aumento de temperatura e restrição das chuvas nos sítios estudados (Figura 1). A maior eficiência do uso da água em ambientes mais secos está atrelada a uma estratégia adaptativa de sobrevivência das plantas, em que as mesmas reduzem a transpiração através do fechamento estomático (Hubbard et al. 2020; Hakamada et al. 2020).

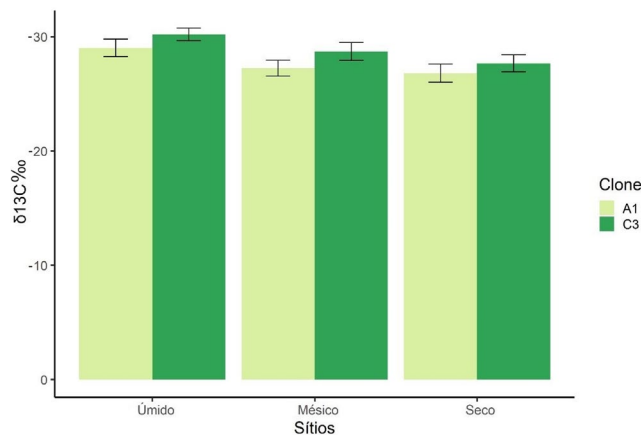
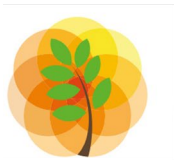


Figura 1. Quantificação de ^{13}C nos clones A1 e C3 nos diferentes sítios úmido, médio e seco.

As discriminações de isótopos de carbono do clone A1 (-26,81 ‰, -27,26 ‰ e -29,02 ‰) foram maiores do que do clone C3 (-27,69 ‰, -28,72 ‰, -30,21 ‰), respectivamente. Esses resultados corroboram com os encontrados por Hubbard et al. (2020), no qual o clone com característica de tolerância à seca foi o que apresentou um maior uso de água em relação ao clone de maior produtividade. A menor eficiência do uso de água do clone C3, é devido ao seu maior sistema radicular, o que lhe dá acesso a diferentes pools de água subterrânea, possui ponto de perda de turgor mais baixo, o que permite que as plantas mantenham uma maior condutância estomática e menor potenciais hídricos durante períodos de maior demanda de água além de possuir estômatos em ambas



as superfícies foliares, quando comparado ao clone A1 (Hubbard et al. 2020; Conti et al., 2020; Bartlett et al., 2012).

Determinar com precisão a quantidade de água transpirada pelas árvores e florestas está se tornando cada vez mais importante, no entanto, o tamanho e a complexidade das árvores, torna a medição direta difícil, onerosa e demanda longos períodos de análise (Pereira-Neto et al., 2002). Por esse motivo, métodos alternativos, como através de isótopos de carbono são importantes, para aumentar a eficiência e reduzir os períodos de análise.

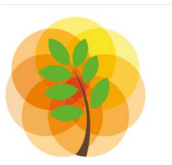
Os valores da diferenciação isotópica de ^{13}C é uma medida confiável, integrativa e estável para determinar a UEA (Farquhar et al. 1989). Vaishnav et al. (2021) também avaliou a UEA utilizando discriminação de isótopos ^{13}C para determinar a UEA de um plantio de teca, eles observaram que há uma relação negativa da discriminação isotópica com a idade, ou seja, quando mais velhas as árvores, maior foi o UEA. Apesar dos resultados promissores do presente estudo, ainda são necessárias análises mais robustas para compreender a relação direta entre o UEA e as análises de ^{13}C . Gaps de informações como as incertezas se existe variação dos níveis de ^{13}C entre as diferentes alturas da árvore, entre os diferentes pontos nos anéis de crescimento da madeira, que poderia nos fornecer o UEA em diferentes idades, ainda devem ser respondidas.

Conclusão

O uso de isótopos de ^{13}C possui grande potencial para mensurar o UEA em plantios de eucalipto no Brasil. O clone produtivo (A1) apresentou maior uso e eficiência da água que o clone tolerante à seca (C3). Os clones submetidos aos ambientes mais secos apresentaram maior uso e eficiência da água quando comparados aos ambientes mais úmidos.

Referências bibliográficas

- BARTLETT, M.K., SCOFFONI, C., SACK, L., 2012. The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: a global meta-analysis. *Ecol. Lett.* 15, 393–405.
- BATTIE-LACLAU, P.; DELGADO-ROJAS, J.S.; CHRISTINA, M.; NOUVELLON, Y.; BOUILLET, J.P.; PICCOLO, M.DE C.; MOREIRA, M.Z.; GONÇALVES, J.L. DE M.; ROUPSARD, O.; LACLAU, J.P. Potassium fertilization increases water-use efficiency for stem biomass production without affecting intrinsic water-use efficiency in *Eucalyptus grandis* plantations. *Forest Ecology And Management*, [S.L.], v. 364, n. 1, p. 77-89, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.01.004>.
- CONTI, J.L.F., DE ARAUJO, M.J., DE PAULA, R.C., QUEIROZ, T.B., HAKAMADA, R.E., HUBBARD, R. M., 2020. Quantifying turgor loss point and leaf water potential across contrasting *Eucalyptus* clones and sites within the TECHS research platform. *Forest Ecol. Manage.* 462, 117989.
- FARQUHAR, G.D., EHLERINGER, J.R., HUBICK, K.T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, v. 40, p.503–537, 1989.



GESSELER A.; PEUKE, A.D.; KEITEL C.; FARQUHAR, G.D. Oxygen isotope enrichment of organic matter in *Ricinus communis* during the diel course and as affected by assimilate transport. *New Phytologist*, London, v. 174, p. 600–613, 2007.

GOMES, L.M.L. Características morfofisiológicas associadas à restrição hídrica em clones de Eucalipto. 2013. 37 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Programa de Pós Graduação, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

HAKAMADA, R.E.; HUBBARD, R.M.; MOREIRA, G.G.; STAPE, J.L.; CAMPOE, O.; FERRAZ, S.F. DE B. Influence of stand density on growth and water use efficiency in *Eucalyptus* clones. *Forest Ecology and Management*, [S.L.], v. 466, p. 1-8, jun. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118125>.

HUBBARD, R.M.; CARNEIRO, R.L.; CAMPOE, O.; ALVARES, C.A.; FIGURA, M.A.; Moreira, G.G. Contrasting water use of two *Eucalyptus* clones across a precipitation and temperature gradient in Brazil. *Forest Ecology and Management*, [S.L.], v. 475, n. 1, p. 1-9, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118407>.

PEREIRA-NETO, A. B. Crescimento e desenvolvimento. IN: WACHOWICZ, C. M.; Carvalho, R. I. N. (Ed.). *Fisiologia vegetal: produção e pós colheita*. Curitiba: Champagnat, p. 17-42, 2002.

VAISHNAV, V.; KUMAR, P.; SHIRKE, A. P.; Rana, T.S. Genetic variation in carbon isotope discrimination-based water use efficiency of teak (*Tectona grandis* L. f.) and its association with growth and wood quality traits. *Trees*, v. 35, p.799–807, 2021.

