



Atributos funcionais foliares na caracterização da resistência à seca de genótipos comerciais de *Eucalyptus* spp.

Érica Talyta de Oliveira^{1,2}
Jhuan Lucas Melo Maciel³
Otávio Camargo Campoe^{3,4}
Clayton Alcarde Alvares³
Joannès Guillemot⁵, Magali Ribeiro da Silva^{1,3}

¹Universidade Estadual Paulista (UNESP) / Faculdade de Ciências Agrônômicas (erica.oliveira@unesp.br),

²Bolsista de Iniciação Científica – Fapesp, ³Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal - UNESP, ⁴ Universidade Federal de Lavras (UFLA), ⁵Eco&Sols, Univ. Montpellier, CIRAD, INRAe, Institut Agro, IRD, Montpellier, France

RESUMO: *Diversos estudos têm identificado que a seca afeta a produtividade das florestas em todo o mundo. Dessa forma, caracterizar a habilidade das plantas em tolerar o déficit hídrico tem sido um dos maiores desafios para comunidade científica. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar se os atributos funcionais foliares obtidos por meio da técnica curva pressão-volume (PV) diferem em relação à tolerância à seca entre genótipos de *Eucalyptus* spp. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, onde avaliamos os parâmetros hidráulicos foliares por meio da curva PV em relação aos diferentes genótipos de *Eucalyptus urophylla* (C12), *Eucalyptus saligna* (C14) e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* (C16). O conteúdo relativo de água em turgor total (RW_{Ctlp}) e a massa seca foliar por área (LMA) apresentaram comportamento igual entre os clones C12 e C14, sendo superior em relação ao C16. Embora o potencial hídrico foliar no ponto de perda de turgor (Ψ_{tlp}) esteja relacionado à disponibilidade de água, descobriu-se que ele não se relacionou com os demais parâmetros foliares analisados. Portanto, é essencial ter cautela ao utilizá-lo para prever a vulnerabilidade à seca, devido às estratégias de prevenção diferentes utilizadas pela planta inteira e a nível da folha.*

Palavras-chave: déficit hídrico; mudanças climáticas; parâmetros hidráulicos

Introdução

As plantas são capazes de desenvolver estratégias para sobrevivência ao déficit hídrico, fazendo ajustes fisiológicos, que auxiliam na tolerância à seca. Assim, compreender os mecanismos fisiológicos que atuam nessa tolerância pode ser considerado um mecanismo-chave para as plantações florestais, principalmente em relação a cenários climáticos afetados por conta das mudanças climáticas (Bartlett et al., 2012a).

Dentre os fatores fisiológicos mais importantes para aferir a tolerância à seca de plantas, podemos citar o potencial hídrico foliar no ponto de perda de turgor (Ψ_{tlp}), sendo uma medida clássica de estresse hídrico da planta que afere o potencial energético da água (Conti Junior et. al., 2020). Como a perda de água na folha causa o fechamento estomático, pode-se afirmar que o Ψ_{tlp} se correlaciona com o potencial hídrico no momento do fechamento dos estômatos (Sun et. al., 2020).



As plantas podem melhorar sua tolerância à seca por meio de ajustes osmóticos, ou seja, o potencial osmótico (π_o), fração apoplástica (a_f) e por meio do módulo de elasticidade (ϵ), que envolvem modificações no potencial hídrico da célula. Essas adaptações permitem que a planta mantenha seu balanço hídrico e sua funcionalidade mesmo em condições de escassez de água (Bartlett, et al., 2012).

O entendimento desses parâmetros, bem como as suas interações, é fundamental para o conhecimento de mecanismos que levam às plantas a se adaptarem à disponibilidade hídrica. Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento à tolerância à seca entre diferentes genótipos comerciais de *Eucalyptus* spp por meio dos parâmetros da curva pressão-volume.

Material e métodos

Caracterização da Área de Estudo

A área experimental localiza-se no município de Itatinga-SP, que se caracteriza por possuir um clima mesotérmico úmido, com classificação climática de Köppen-Geiger do tipo Cwa (ALVARES et al., 2013). A área experimental faz parte do Programa Cooperativo Eucflux do Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais - IPEF, em parceria com universidades, empresas privadas e instituições internacionais de pesquisa.

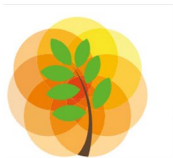
Delineamento Experimental e genótipos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 3 tratamentos (genótipos) e seis repetições. A área de cada parcela é de 1152 m² (36 m x 32 m) e o espaçamento entre plantas é de 3 m x 2 m, totalizando 192 indivíduos por parcela. Para realizar a coleta de material vegetal, foram utilizadas seis árvores centrais. Os genótipos usados foram: *Eucalyptus urophylla* (C12), *Eucalyptus saligna* (C14) e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* (C16).

Curva pressão-volume

O método referência para obtenção do ponto de perda do turgor foi por meio da curva pressão-volume (PV), para derivar as características da relação água da folha, medindo o declínio do potencial hídrico da folha à medida que a folha desidrata, usadas para determinar as relações hídricas teciduais ou celulares dos diferentes genótipos, conforme descrito por Bartlett et al. (2012).

Para a construção das curvas PV, seis amostras de galhos (uma por árvore de seis árvores) foram coletadas ao final da tarde para cada genótipo, onde foram selecionados de cinco a seis folhas maduras e bem desenvolvidas. As curvas foram criadas plotando o inverso de Ψ folha contra o



conteúdo relativo de água (RWC, %).

O método curvas de pressão-volume foram construídas a partir das aferições do potencial hídrico foliar juntamente com a massa durante a desidratação foliar em bancada. Esse processo foi repetido até os clones atingirem o potencial hídrico aproximado de -4 MPa.

Foram extraídos os parâmetros de relações hídricas nos tecidos, como o ponto de perda de turgor (Ψ_{tlp} , MPa), a pressão osmótica em turgor total (π_o , MPa), o módulo de elasticidade (ϵ , MPa), o conteúdo relativo de água em turgor total (RWCTlp, %), a fração apoplástica (af, %), a massa seca foliar por área (LMA; $g\ m^{-2}$) e o teor de matéria seca foliar (LDMC; $g\ g^{-1}$).

Análise de Dados

A análise de dados foi realizada pelo software R, versão 4.2.1. Foi testada a normalidade e homocedasticidade dos dados. Após isso, os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F ($p < 0,05$) e, nos casos de significância, foi aplicado o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias entre tratamentos.

Resultados e discussão

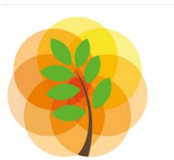
Os diferentes clones apresentaram comportamento semelhante para a maioria das variáveis da curva PV. As diferenças foram encontradas entre os diferentes genótipos em relação ao RWCTlp, af e LMA (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos funcionais foliares dos diferentes genótipos de eucalipto obtidas a partir de curvas de pressão-volume.

Variáveis	Genótipos		
	G12	G14	G16
Ψ_{tlp}	-2,05 \pm 0,10 a	-2,09 \pm 0,06 a	-1,93 \pm 0,10 a
π_o	-1,74 \pm 0,09 a	-1,68 \pm 0,08 a	-1,69 \pm 0,08 a
RWCTlp	10,97 \pm 0,52 b	14,87 \pm 1,47 a	10,52 \pm 0,16 b
ϵ	14,71 \pm 0,63 a	11,52 \pm 1,49 a	13,70 \pm 1,06 a
af	0,26 \pm 0,05 a	0,24 \pm 0,05 a	0,15 \pm 0,03 b
LMA	110,00 \pm 5,76 a	102,42 \pm 6,84 a	99,27 \pm 4,01 b
LDMC	0,38 \pm 0,01 a	0,38 \pm 0,01 a	0,36 \pm 0,01 a

Potencial de água no ponto de perda de turgor (Ψ_{tlp}), potencial osmótico (π_o), teor relativo de água na perda de turgor (RWCTlp), módulo de elasticidade (ϵ), fração apoplástica (af), massa foliar por área (LMA) e conteúdo de matéria seca foliar (LDMC) no fechamento dos estômatos. Os dados são médios (\pm erro padrão). Diferentes letras nas colunas, significam diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

O Ψ_{tlp} e o π_o não apresentaram diferença significativa para os diferentes clones estudados, no entanto, esperávamos encontrar diferença em relação a esses atributos, por conta da escolha dos materiais genéticos bem contrastantes. O híbrido de *E. urophylla* (C12), conhecido como I 144, apresenta boa adaptação a regiões com moderada disponibilidade hídrica e é o mais plantado na



atualidade. Já *E. saligna* (C14) é uma espécie subtropical com ocorrência predominante em clima Cfb e menor proporção nos climas Cfb e Cwb com as seguintes exigências climáticas: temperatura média anual de 13 a 18 °C e precipitação anual de 900 a 1400 mm. O híbrido *E. grandis* x *E. camaldulensis* (C16) é conhecido por ser adaptado a regiões com alto déficit hídrico, sendo que *E. camaldulensis*, ocorre naturalmente em regiões da Austrália com precipitação mínima de 500 mm (Flores et al., 2016).

O RWctlp e o LMA apresentaram comportamento igual entre os clones C12 e C14, sendo superior em relação ao C16. O LMA é proposto como um preditor da tolerância à seca em muitos conjuntos de espécies, em parte porque está associada ao ϵ , portanto esperávamos diferenças entre os clones

De acordo com Bartlett et al. (2012), o π é a acumulação de solutos dentro da célula, o que diminui o potencial osmótico em plena hidratação, ou seja, reduz a perda de água por transpiração. O a_f é a redistribuição de água para fora das paredes celulares. E ϵ está relacionado com a flexibilidade da parede celular, permitindo que a célula se expanda e se contraia em resposta às mudanças no potencial de água.

Conclusões

Embora Ψ_{tlp} esteja relacionado à disponibilidade de água, descobrimos que Ψ_{tlp} não se relacionou com os demais parâmetros foliares relacionados a resistência à seca. Portanto, sugerimos cautela ao usar Ψ_{tlp} para prever a vulnerabilidade à seca, pois, devido as estratégias de prevenção, a resistência à seca da planta inteira difere-se da resistência ao nível da folha.

Agradecimentos

À FAPESP (processo nº 2022/10367-8) pela bolsa de iniciação científica concedida à primeira autora. A CAPES pela bolsa de doutorado concedida ao segundo autor. A toda equipe do EUCFLUX-IPEF pelo suporte prestado e financiamento desta pesquisa.

Referências bibliográficas

- ALVARES, C.A., et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BARTLETT, M.K.; SCOFFONI, C.; SACK, L. The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: a global meta-analysis. Ecology Letters, v. 15, p. 393-405, 2012.
- CONTI JUNIOR, J.L.F., et al. Quantifying turgor loss point and leaf water potential across contrasting Eucalyptus clones and sites within the TECHS research platform. Forest Ecology and Management. v. 475, 2020.



FLORES, T.B., et al. *Eucalyptus* no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação. Piracicaba: IPEF, p.447, 2016.

SUN, S., et al. Drought survival is positively associated with high turgor loss points in temperate perennial grassland species. *Functional Ecology*, London, v. 34, n. 4, p. 788-798, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY A. Transporte e translocação de água e solutos. In: *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 6. Ed, p.81-98, 2017.

