



2025 | 16-20
GIJÓN | JUNIO
9º CONGRESO **FORESTAL** ESPAÑOL

9CFE-1530

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Resistencia al déficit hídrico severo en clones de *Eucalyptus* sp. en un ensayo bajo condiciones controladas

PINTO, C. (1, 2), BELIZÁRIO, I. (3), CORREIA, A. (1,2), DAVID, T. (2), SILVESTRE, T. (3), FONTES, L. (4), PANTALEÃO CRUZ, J.M. (5) y COSTA E SILVA, F. (2)

- (1) Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.
- (2) Centro de Estudos Florestais, Laboratório Associado TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa
- (3) Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa
- (4) Altri Florestal S.A.
- (5) RAIZ – Instituto Investigação da Floresta e Papel

Resumen

Los programas de mejora genética de *Eucalyptus globulus* producen constantemente nuevos genotipos, exigiendo procesos de selección eficientes. La creciente escasez de recursos hídricos y el aumento de sequías y olas de calor hacen necesario encontrar indicadores expeditos para identificar clones tolerantes a la sequía y contribuir al desarrollo de protocolos de selección.

Se evaluó la respuesta de 20 clones de *Eucalyptus* a un déficit hídrico severo. Se trasplantarán al invernadero 400 plantas en edad de plantación, 20 esquejes por clon en macetas de 1 litro con sustrato de turba y arena (3/1), regadas a la capacidad de campo hasta el primer día del ensayo y, posteriormente, sujetas a supresión de riego. Se monitorizó la conductancia estomática, reflectancia foliar (NDVI), humedad del suelo y evapotranspiración en una muestra de plantas (8/clon, 2x/semana). Para cada planta, se determinó también el tiempo hasta que 50% y 100% de la biomasa foliar sea pérdida, asumiendo que la pérdida total de hojas corresponde a la muerte de la planta.

Discriminar los diferentes patrones de caída de hojas y eficiencia de utilización del agua entre clones, contribuirá para obtener indicadores de tolerancia a la sequía que puedan ser utilizados a gran escala en procesos de selección.

Palabras clave

Mejora genética, resistencia a la sequía, mortalidad.

1. Introducción

El eucalipto, *Eucalyptus globulus* Labill., es una de las especies forestales más plantadas en la Península Ibérica, ocupando alrededor de 844.000 hectáreas en Portugal, aproximadamente el 26% de la superficie forestal del país (ICNF, 2019), y más de 600.000 hectáreas en España (MAPA, 2019), localizadas sobre todo en el norte y noroeste del país (LÓPEZ-SÁNCHEZ et al., 2021). La representatividad de *E. globulus* en la Península Ibérica refleja las condiciones favorables para el cultivo intensivo de la especie en el territorio y, simultáneamente, su alta productividad y la calidad de su madera para la producción de pasta celulósica (PATTS et al., 2006; TOMÉ et al., 2021).



En Portugal, aunque los bosques de eucalipto representan alrededor del 50% del valor de las exportaciones de productos forestales (BIOND, 2023), la producción forestal del país no ha sido capaz de seguir el ritmo del aumento de la capacidad de producción industrial que ha tenido lugar en los últimos años (QUINTELA et al., 2023), lo que ha provocado un déficit estructural en el suministro de madera de eucalipto a nivel nacional y un consecuente aumento en las importaciones (INE, 2023).

En el contexto actual de cambio climático y incertidumbre ambiental (ALI et al., 2022), el valor económico y el aumento de la productividad de los bosques de eucalipto están intrínsecamente ligados a la diversidad de los materiales genéticos que los componen y a su adaptabilidad (BOOTH, 2013; TOMÉ et al., 2021). Si en su inicio, el aumento de la productividad estuvo en el centro de los programas de mejora genética de *E. globulus* (POTTS et al., 2004; POTTS et al., 2011; TOMÉ et al., 2021), el enfoque cambió rápidamente a la resistencia a sequía y estrés biótico (BORRALHO y COTTERILL, 1994; SORIA y BORRALHO, 1997). Actualmente, en los programas de mejora genética, se buscan herramientas para mejorar la comprensión de las interacciones entre genética y ambiente, con enfoque en los mecanismos ecofisiológicos, que faciliten la identificación de características adaptativas y estrategias implicadas en la respuesta a la variabilidad climática y, sobre todo, el déficit hídrico (ELLI et al. 2020; PITA-BARBOSA et al., 2023).

Recientemente, en el marco de la Agenda «TRANSFORM - Transformação digital do setor florestal para uma economia resiliente e hipocarbónica», se están probando varios materiales de eucalipto procedentes de programas de mejora portugueses para evaluar las posibles ganancias genéticas al nivel de resistencia a los estreses biótico y abiótico. Efectivamente, los programas de mejora genética de *E. globulus* producen constantemente nuevos genotipos (POTTS et al., 2011), exigiendo procesos de selección sencillos y eficientes. La creciente escasez de recursos hídricos y el aumento de sequías y olas de calor observadas en la Península Ibérica (ALI et al., 2022) hacen necesario encontrar indicadores expeditos para identificar clones tolerantes a la sequía y contribuir al desarrollo de los protocolos de selección (PITA-BARBOSA et al., 2023).

2. Objetivos

En el contexto de la producción regular de nuevos genotipos por parte de los programas de desarrollo genético de las empresas forestales, es necesario comprender mejor los procesos y mecanismos de tolerancia al déficit hídrico y desarrollar herramientas de selección precoz. El estudio tuvo como objetivos principales discriminar si existen diferentes patrones de caída de hojas y eficiencia de utilización del agua entre clones, y contribuir para obtener indicadores sencillos de tolerancia a la sequía que puedan ser utilizados a gran escala en procesos de selección y programas de mejora genética.

3. Metodología



El experimento se realizó entre septiembre y octubre de 2024 en un invernadero situado en INIAV (Oeiras, Portugal, 38°41'43.0"N, 9°19'16.2"W). Se utilizaron 20 clones de *Eucalyptus globulus*, incluidos 4 híbridos (*E. cypellocarpa* x *E. globulus*, *E. saligna* x *E. rudis*, *E. grandis* x *E. globulus*, y *E. maidenii* x *E. urophylla*), producidos por minipropagación en dos viveros, Viveiros do Furadouro (Altri) y Viveiros Aliança (Raiz). Las plántulas fueron cultivadas en sustrato de perlita y turba (20:80) (RAIZ) o arena y turba (25:75) (Altri). Tras el desarrollo inicial, en agosto, las plántulas se trasplantaron a macetas de plástico de 1,7 L (sustrato: arena y turba, 25:75) en los viveros Aliança.

El ensayo siguió un diseño de bloques, incluyendo 20 clones de eucalipto y 20 repeticiones por clon, con un total de 400 plántulas. En el invernadero, las plántulas fueron distribuidas aleatoriamente por los cuatro bloques, cada uno con cinco repeticiones por clon. Después de un período de aclimatación, con riego periódico hasta la capacidad de campo, se empezó el ensayo de estrés hídrico severo, suprimiendo totalmente el riego a todas las plántulas. Como el inicio del ensayo coincidió con un periodo de temperaturas anormalmente altas, al octavo día, se realizó un riego de 105 ml por maceta simulando un pequeño episodio aislado de precipitaciones, para evitar la muerte prematura de las plántulas y garantizar la continuación del ensayo.

Se monitorizaron periódicamente parámetros ambientales y fisiológicos, y la dinámica de queda de hojas y de la mortalidad. Los parámetros ambientales, temperatura (°C) y humedad relativa (%) del aire, se monitorizaron continuamente utilizando una miniestación meteorológica (Hobo Micro Station H21-002 y sensor RS3 *Solar Radiation Shield*, Onset Computer Corporation, Bourne, MA, EE. UU.). Se evaluarán parámetros fisiológicos, con periodicidad de 2 veces por semana, en ocho plantas escogidas aleatoriamente de cada clon. Las monitorizaciones incluirán la evapotranspiración ($\text{g H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ hora}^{-1}$), conductancia estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y fluorescencia de la clorofila *a* (Porómetro/Fluorímetro, LI-600PF, LI-COR, Lincoln, NE, EE. UU.), y la reflectancia de las hojas (PlantPen NDVI, Photon Systems Instruments, Drásov, Chequia). Además, en las mismas macetas, se monitorizó también el porcentaje de humedad del sustrato a 7,6 cm de profundidad utilizando la reflectometría en el dominio del tiempo (TDR) (FieldScout TDR 150, Spectrum Technologies, Aurora, IL, EE. UU.). La evapotranspiración se estimó por pesaje de las macetas a intervalos regulares, utilizando macetas con y sin plántula, teniendo en cuenta la diferencia de peso entre pesadas ($\text{g H}_2\text{O plántula}^{-1} \text{ hora}^{-1}$), y luego normalizado según el área foliar ($\text{g H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ hora}^{-1}$). La evaluación de la dinámica de la caída de hojas y de la mortalidad incluyó todas las plantas, y se hizo con una periodicidad de 3 veces por semana. Se registró el número de días hasta que caían 50% o 100% de las hojas. Una vez alcanzados estos estadios, se recogió la biomasa foliar, se secó a 65 °C por 48 horas y se determinó el peso seco. Se asumió que la pérdida total de hojas corresponde a la muerte de la planta.

Para comparar grupos independientes de variables se utilizaron pruebas ANOVA de una vía, con distribución normal y homogeneidad de varianzas como requisitos previos. Si no se cumplían estos requisitos, se utilizaron la prueba de Kruskal-Wallis (H) y el método de Dunn para las comparaciones múltiples de medias. Los

resultados se consideraron estadísticamente significativos a niveles de significación $\alpha = 0,05$. Los datos se analizaron mediante el programa estadístico Sigmaplot V13 (Inpixon, EE. UU.).

4. Resultados

Los clones mostraron una variación continua en el tiempo transcurrido hasta la caída del 50% (TQ50%) y del 100% (TQ100%) del área foliar (Fig. 1). Considerando todos los clones, el tiempo hasta la caída del 100% del área foliar ocurrió, aproximadamente, de 2 a 4 días después de la fecha de caída del 50% del área foliar. El clon GAVIÃO tuvo la mayor duración media del área foliar frente al clon 77000 con la duración más corta ($p < 0,001$) (32,7 frente a 23 días, respectivamente). Esta diferencia fue equivalente a una extensión en el mantenimiento del área foliar de 9,7 días (30%).

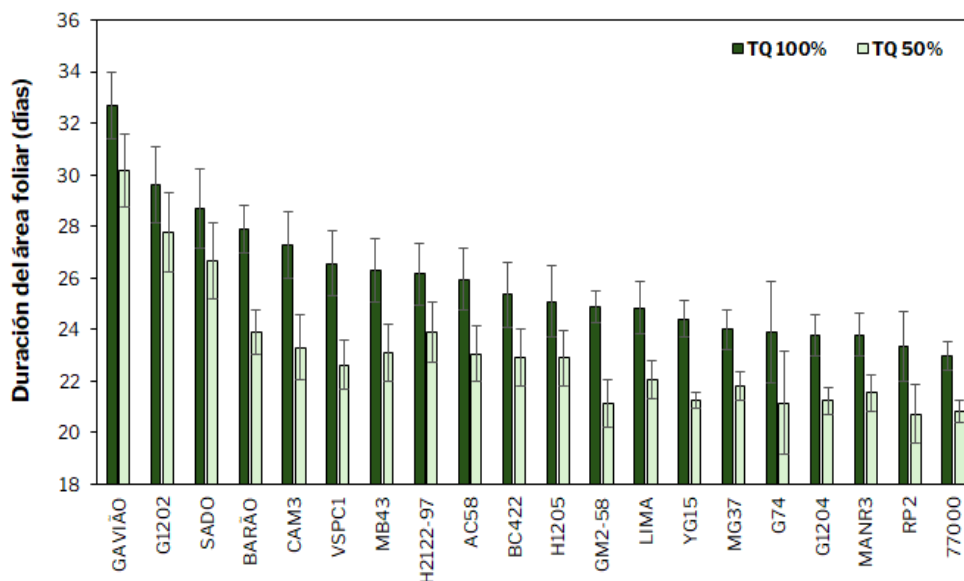


Figura 1. Duración del área foliar (días \pm error estándar) hasta alcanzar una pérdida del 50% (TQ50%) y del 100% (TQ100%) del área foliar.

Los clones GAVIÃO y G1202, que mostraron la mayor duración del área foliar, mantuvieron valores de evapotranspiración más altos durante todo el ensayo (Fig. 2), lo que se tradujo en un uso total del agua superior a la media del ensayo (616 y 634 frente a 602 g H₂O, respectivamente, Fig. 3). Por otro lado, estos dos clones presentaron los valores más bajos de área foliar total (Fig. 4). Sin embargo, la correlación entre el área foliar de los clones y el TQ100% fue baja ($R^2 = 0,33$), explicando así sólo parcialmente la mayor duración del área foliar. Los clones menos tolerantes a la progresión del estrés hídrico y con menor TQ100% fueron 77000 y RP2, que mostraron una utilización total del agua inferior a la media del ensayo (593 y 561 frente a 602 g H₂O, respectivamente, Fig. 3).

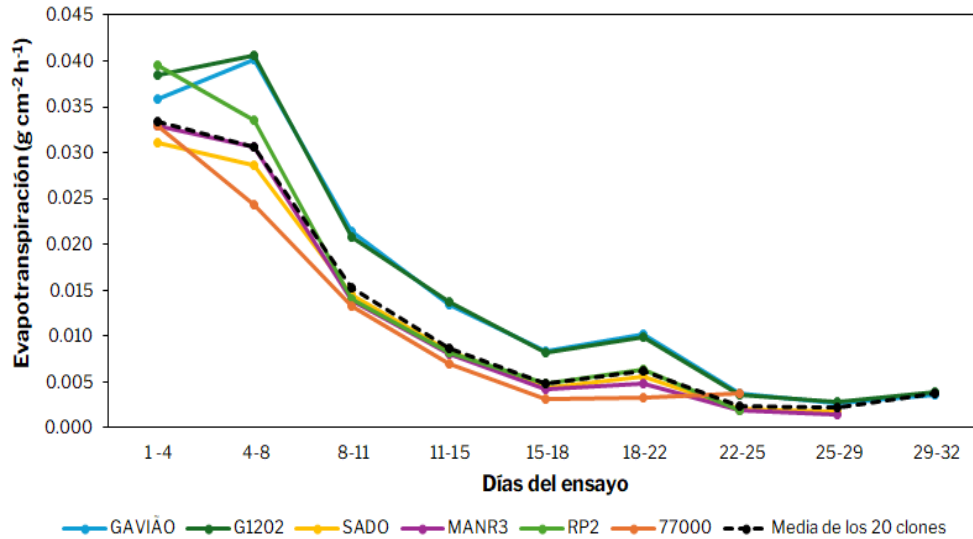


Figura 2: Evapotranspiración ($g\ cm^{-2}\ h^{-1}$) media de los 20 clones (línea discontinua) y de los tres clones con mayor y menor TQ100% (líneas continuas).

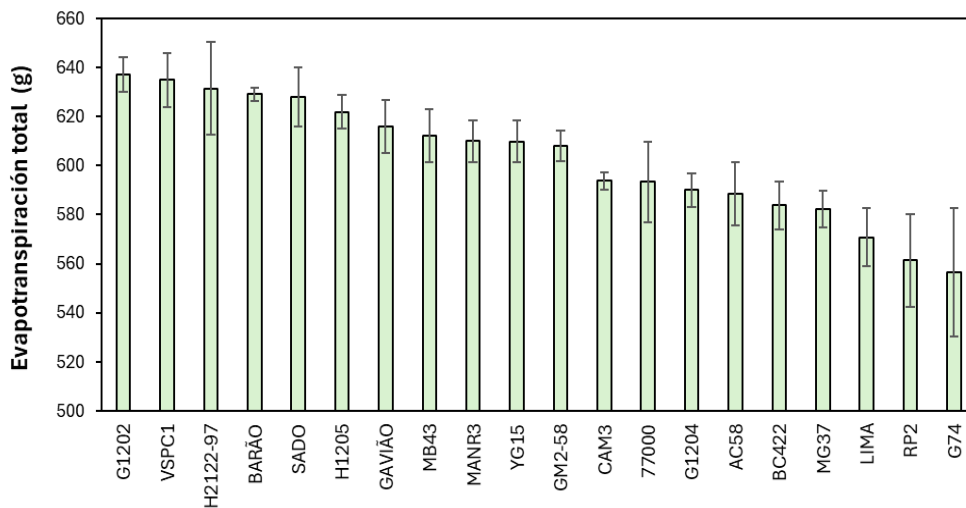


Figura 3: Evapotranspiración total por clon ($g\ H_2O$) durante el ensayo. Las barras de error representan el error estándar.

La conductancia estomática medida por porómetro a lo largo del ensayo (Fig. 5) coincide con los valores observados en la evapotranspiración de los clones. A partir del día 8 del ensayo, todos los clones redujeron en gran medida su conductancia estomática. Cabe destacar que los clones con mayor TQ100% mantuvieron una apertura estomática superior a la media durante todo el ensayo, a diferencia de los clones con los valores más bajos de TQ100%.

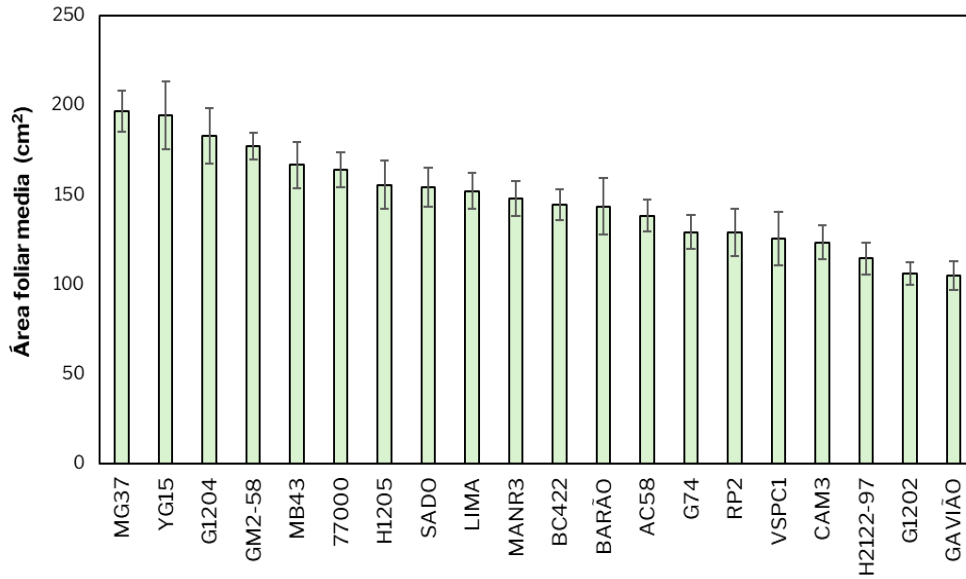


Figura 4 – Área foliar media por clon (cm²). Las barras de error representan el error estándar.

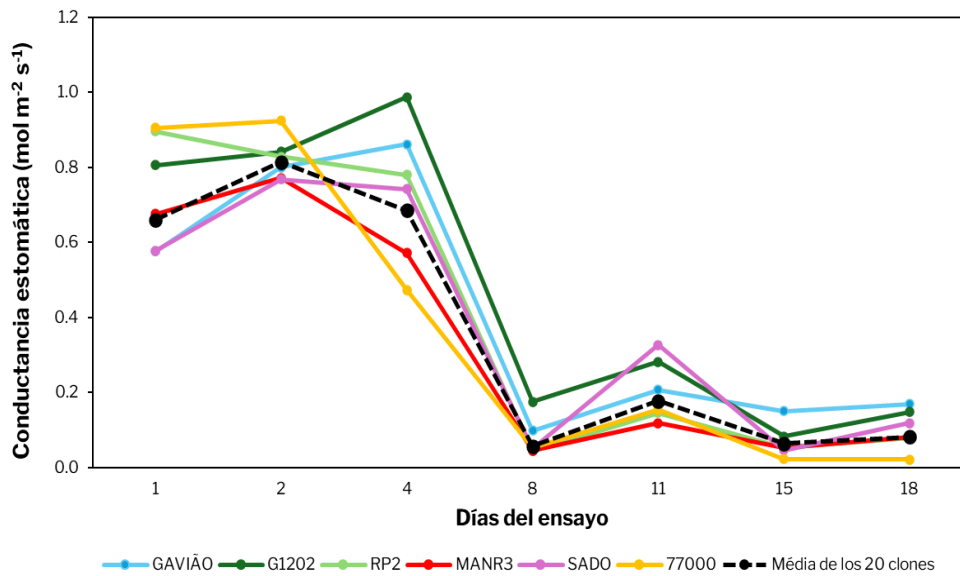


Figura 5 - Conductancia estomática media de los 20 clones (mol m⁻² s⁻¹) medida a lo largo del ensayo y de los tres clones con mayor y menor TQ100%.

5. Discusión

Durante los periodos de sequía, los árboles reducen la pérdida de agua y el riesgo de fallo hidráulico cerrando sus estomas, lo que también limita la fotosíntesis (CHAVES et al., 2003). Sin embargo, la regulación estomática en condiciones de estrés hídrico severo no es suficiente para reducir la tensión hidráulica y evitar la formación de embolias en el xilema (SPERRY y LOVE, 2015). Así, en estas condiciones, se ponen en marcha otros mecanismos de aclimatación para reducir aún más la transpiración, como cambios metabólicos o aumento de la resistencia interna (CHAVES et al., 2003), que a su vez afectan a la conductancia estomática,



además de acelerar la senescencia de diversos tejidos, evitando así pérdidas irreversibles de conductancia hidráulica (CHOAT et al., 2018).

Los resultados de nuestro experimento mostraron, en condiciones de estrés hídrico severo, una variación continua en la capacidad de mantener la superficie foliar entre los 20 clones. El número de días para que los clones alcanzaran el 100% de pérdida de área foliar (TQ100%) varió en promedio entre 23 y 32,7 días (clon 77000 y GAVIÃO, respectivamente). La tolerancia a la sequía implica la compleja interacción de varios mecanismos fisiológicos, bioquímicos y hormonales, que ocurren en diferentes componentes y órganos de la planta (por ejemplo, sistema radicular, hojas) (CHAVES et al., 2003; ROWLAND et al., 2022). Aunque nuestras mediciones fisiológicas son limitadas, podemos destacar en nuestros resultados que la mayor duración del mantenimiento del área foliar (supervivencia) estuvo determinada de forma más significativa por una mayor capacidad de utilización del agua (Fig. 3) asociada al tamaño del área foliar. Así, la capacidad de aprovechamiento y extracción de agua del suelo, es decir, la eficacia y eficiencia del sistema radicular, junto con la regulación de la pérdida de agua a través de las hojas, es la base de las diferencias observadas entre los clones para los valores de TQ100%.

La mayor capacidad total de utilización del agua de los clones más tolerantes (por ejemplo, G1202, SADO, GAVIÃO) les permitió mantener una conductancia estomática superior a la media durante todo el ensayo y la progresión del estrés hídrico (Fig. 5). Esto es importante porque la abscisión foliar bajo condiciones de estrés hídrico está asociada con un valor umbral para la conductancia foliar mínima (NADAL-SALA et al., 2021). Aunque la senescencia foliar inducida por el estrés hídrico reduce la transpiración total del árbol (MUNNÉ-BOSCH y ALEGRE, 2004), esta respuesta implica costes para la planta, poniendo en peligro el crecimiento a medio plazo, ya que la reconstrucción de la estructura del dosel requiere una inversión extra de carbono, ya sea procedente de las reservas de carbohidratos no estructurales o de la asimilación por las hojas restantes (RUEHR et al., 2019). Efectivamente, la capacidad de las plantas para mantener intacto el sistema de transporte de agua en las hojas en condiciones de sequía está íntimamente ligada a la supervivencia y puede considerarse un factor de adaptación (BLACKMAN et al., 2017).

El momento de la caída del 100% del área foliar se produjo aproximadamente entre 2 y 4 días después de la fecha de caída del 50% del área foliar (TQ50%) con una respuesta similar para todos los clones (Fig. 1). Esto sugiere que el proceso de abscisión de la hoja en una etapa avanzada de deshidratación de la hoja ocurre rápidamente y se fija genéticamente con baja variabilidad fenotípica.

Las diferencias de TQ100% entre los clones correspondieron a una media de 9,7 días, lo que equivale a un aumento del 30% en la supervivencia de la planta (mantenimiento del área foliar). Esta diferente respuesta de abscisión foliar entre los clones podría tener importantes implicaciones en condiciones naturales, dado que la reanudación del crecimiento tras la reposición de agua en el suelo depende en gran medida del área foliar presente.



Las empresas forestales producen regularmente un gran número de nuevos genotipos con cada nuevo ciclo de desarrollo genético (POTTS et al., 2011). Estos clones, seleccionados por sus características de producción y calidad de la madera (BORRALHO y COTTERILL, 1994), se someten relativamente poco a pruebas de tolerancia a la sequía (PITA-BARBOSA et al., 2023). Es necesario desarrollar herramientas que permitan un cribado inicial rápido de la tolerancia al déficit hídrico en la fase joven (ELLI et al., 2020), lo que ayudará a identificar y seleccionar genotipos superiores para su instalación en el campo. En este estudio podemos contribuir a la identificación de características asociadas a la dinámica de la senescencia foliar que permitan discriminar entre clones en términos de tolerancia al déficit hídrico, reconociendo al mismo tiempo la necesidad de validar estos resultados en condiciones de campo.

6. Conclusiones

La capacidad para mantener la superficie foliar en condiciones de sequía está íntimamente ligada a la supervivencia de los árboles y puede considerarse un factor de adaptación. Este estudio ha permitido comprobar que las características asociadas a la dinámica de la senescencia foliar permiten discriminar entre clones en términos de tolerancia al déficit hídrico y tienen potencial para ser utilizadas como herramientas de selección en programas de mejora.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por Fondos Europeos, a través del Proyecto P1.1. de la Agenda 'Transform - Transformação digital do setor florestal para uma economia resiliente e hipocarbónica' - Solicitud nº C644865735-00000007 - en el ámbito de las Agendas de Movilización para la Innovación Empresarial, del Plan de Recuperación y Resiliencia de Portugal, y por Fondos Nacionales, a través de FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., en el ámbito de los Proyectos UID/00239: Centro de Estudos Florestais, UIDB/00239/2020 (DOI 10.54499/UIDB/00239/2020) y UIDP/00239/2020 (DOI 10.54499/UIDP/00239/2020).

8. Bibliografía

ALI, E., CRAMER, W.; CARNICER, J.; GEORGOPOULOU, E.; HILMI, N.J.M.; LE COZANNET G., LIONELLO, P.; 2022: Cross-Chapter Paper 4: Mediterranean Region. In: PÖRTNER, H.-O.; ROBERTS, D.C.; TIGNOR, M.; POLOCZANSKA, E.S.; MINTENBECK, K.; ALEGRÍA, A.; CRAIG, M.; LANGSDORF, S.; LÖSCHKE, S.; MÖLLER, V.; OKEM, A.; RAMA, B.; (eds.) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Pp. 2233–2272. Cambridge, R.U. y New York, NY, EE. UU.

BIOND; 2023. Boletim Estatístico da Biond 2022. Biond - Forest fibers from Portugal.



The Navigator Company. Lisboa, Portugal.

BLACKMAN, C.J.; ASPINWALL, M.J.; TISSUE, D.T. RYMER, P.D.; 2017. Genetic adaptation and phenotypic plasticity contribute to greater leaf hydraulic tolerance in response to drought in warmer climates. *Tree Physiol.* 37(5) 583–592.

BOOTH, T.H.; 2013. Eucalypt plantations and climate change. *For. Ecol. Manage.* 30128–34.

BORRALHO, N.M.G.; COTTERILL, P.P.; 1994. Genetic improvement of *Eucalyptus globulus* for pulp production. In: PEREIRA, J.S.; PEREIRA, H.; (eds.) *Eucalyptus for biomass production*. Commission of the European Communities. Pp 85–99. Luxembourg.

CHAVES, M.M.; MAROCO, J.P.; PEREIRA, J.S.; 2003. Understanding plant responses to drought — from genes to the whole plant. *Funct. Plant Biol.* 30 239–264.

CHOAT, B.; BRODRIBB, T.J.; BRODERSEN, C.R.; DUURSMA, R.A.; LOPEZ, R.; MEDLYN, B.E.; 2018. Triggers of tree mortality under drought. *Nature* 558, 531–539.

ICNF; 2019. IFN6 – Principais resultados – relatório sumário, Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. 34 pp. Lisboa, Portugal.

ELLI, E.F.; HUTH, N.; SENTELHAS, P.C.; LORENZATO, R.C.; ALVARES, C.A.; 2020. Global sensitivity-based modelling approach to identify suitable *Eucalyptus* traits for adaptation to climate variability and change. *in silico Plants* 2(1) diaa003.

INE; 2023. Contas económicas da Silvicultura – 2021. Instituto Nacional de Estatística. 16 pp. Lisboa, Portugal.

LÓPEZ-SÁNCHEZ, C.A.; CASTEDO-DORADO, F.; CÁMARA-OBREGÓN, A.; BARRIO-ANTA, M.; 2021. Distribution of *Eucalyptus globulus* Labill. in northern Spain: Contemporary cover, suitable habitat and potential expansion under climate change. *For. Ecol. Manage.* 481 118723.

MAPA; 2019. Anuário de Estadística Forestal 2016. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.

MUNNÉ-BOSCH, S.; ALEGRE, L.; 2004. Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Funct. Plant Biol.* 31 203–216.

NADAL-SALA, D.; GROTE, R.; BIRAMI, B.; KNÜVER, T.; REHSCHUH, R.; SCHWARZ, S.;



RUEHR, N.K.; 2021. Leaf shedding and non-stomatal limitations of photosynthesis mitigate hydraulic conductance losses in Scots pine saplings during severe drought stress. *Front. Plant Sci.* 12 715127.

PATT, R., KORDSACHIA, O., FEHR, J., 2006: European hardwoods versus *Eucalyptus globulus* as a raw material for pulping. *Wood Sci. Technol.* 40(1) 39-48.

PITA-BARBOSA, A.; OLIVEIRA, L.A.; BARROS, N.F.; HODECKER, B.E.R.; OLIVEIRA, F.S.; ARAÚJO, W.L.; SAMUEL C V MARTINS, S.C.V.; 2023. Developing a roadmap to define a potential ideotype for drought tolerance in *Eucalyptus*. *For. Sci.* 69(1) 101–114.

POTTS, B.M; VAILLANCOURT, R.E.; JORDAN, G.J.; DUTKOWSKI, G.W.; COSTA E SILVA, J.; MCKINNON, G.E.; STEANE, D.A.; VOLKER, P.W.; LOPEZ, G.A.; APIOLAZA, L.A.; LI, Y.; MARQUES, C.; BORRALHO, N.M.G.; 2004. Exploration of the *Eucalyptus globulus* gene pool. In: BORRALHO, N.M.G.; PEREIRA, J.S.; MARQUES, C.; COUTINHO, J.; MADEIRA, M.; TOMÉ, M.; (eds.) *Eucalyptus in a changing world*. RAIZ. Pp 46–61. Aveiro, Portugal.

POTTS, B.M; HAMILTON, M.; BLACKBURN D.; 2011. Genetics of eucalypts: traps and opportunities. In: WALKER, J.; (ed.) *Developing a eucalypt resource: learning from Australia and elsewhere*. University of Canterbury, Wood Technology Research Centre. Pp 1–29. Canterbury, New Zealand.

QUINTELA, A.; FERNANDES, C.; GASPAR, J.F.; FABRES, S.; 2023. O que fazer, quando e como? e-globulus, plataforma web de apoio à gestão ativa de povoamentos de eucalipto em Portugal. *Silva Lusit.* 31(2) 107-119.

REUHR, N.K.; GROTE, R.; MAYR, S.; ARNETH, A.; 2019. Beyond the extreme: recovery of carbon and water relations in woody plants following heat and drought stress. *Tree Physiol.* 39 1285–1299.

ROWLAND, L.; RAMÍREZ-VALIENTE, J.A.; HARTLEY, I.P.; MENCUCCINI, M.; 2023. How woody plants adjust above- and belowground traits in response to sustained drought. *New Phytol.* 239 1173–1189.

SORIA, F.; BORRALHO, N.M.G.; 1997. The genetics of resistance to *Phoracantha semipunctata* attack in *Eucalyptus globulus* in Spain. *Silvae Genet.* 46 365–369.

SPERRY, J.S.; LOVE, D.M.; 2015. What plant hydraulics can tell us about responses to climate-change droughts. *New Phytol.* 207 (1) 14-27.

TOMÉ, M.; ALMEIDA, M.A.; BARREIRO, S.; BRANCO; M.R.; DEUS, E.; PINTO, G.;



SILVA, J.S.; SOARES, P.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.; 2021. Opportunities and challenges of Eucalyptus plantations in Europe: the Iberian Peninsula experience. *Eur. J. For. Res.* 140 489–510.