

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 23/11/2024

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until Nov. 23, 2024

CASSIANO JOSÉ LAGES MARINHO FALCÃO

**CRESCIMENTO DE *Eucalyptus* UTILIZANDO DENDRÔMETROS: EFEITOS
GENÉTICOS, AMBIENTAIS E DE MANEJO**

Botucatu

2023

CASSIANO JOSÉ LAGES MARINHO FALCÃO

**CRESCIMENTO DE *Eucalyptus* UTILIZANDO DENDRÔMETROS: EFEITOS
GENÉTICOS, AMBIENTAIS E DE MANEJO**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Ciência Florestal

Orientador(a): Otávio Camargo Campoe

Botucatu

2023

F178c

Falcão, Cassiano José Lages Marinho

Crescimento de eucalyptus utilizando dendrômetros : efeitos genéticos, ambientais e de manejo / Cassiano José Lages Marinho
Falcão. -- Botucatu, 2023

44 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Otávio Camargo Campoe

1. Ecofisiologia. 2. Dendrômetro. 3. Modelagem. 4. Eucalipto. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: CRESCIMENTO DE Eucalyptus UTILIZANDO DENDROMETROS:
EFEITOS GENÉTICOS, AMBIENTAIS E DE MANEJO

AUTOR: CASSIANO JOSÉ LAGES MARINHO FALCÃO

ORIENTADOR: OTÁVIO CAMARGO CAMPOE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência Florestal,
pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. OTÁVIO CAMARGO CAMPOE (Participação Virtual)
Ciencias Florestais / Universidade Federal de Lavras



Documento assinado digitalmente

OTAVIO CAMARGO CAMPOE

Data: 23/11/2023 13:44:39-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesquisador Dr. TÚLIO BARROSO QUEIROZ (Participação Virtual)
. / Bracell



Documento assinado digitalmente

TULIO BARROSO QUEIROZ

Data: 23/11/2023 14:32:30-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a MAGALI RIBEIRO DA SILVA (Participação Virtual)

Ciencia Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botu



Documento assinado digitalmente

MAGALI RIBEIRO DA SILVA

Data: 23/11/2023 17:09:01-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Botucatu, 23 de novembro de 2023.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe e família, por todo o apoio, por todos estes anos. À minha sobrinha, por toda a alegria trazida.

Ao Professor Rodrigo, pela orientação durante o processo seletivo, e a Professora Magali, pelo voto de confiança (após aquele e-mail desastroso).

Ao professor Otávio Campoe, pela orientação e concepção desse projeto.

A todos os membros da república Bola 8, por todos os momentos em que aí estive.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal e aos vários Professores da Unesp Campus Botucatu pelo conhecimento transmitidos a mim nestes anos. A todos os professores e funcionários da FCA.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Eucflux e Ipef, pelo financiamento da pesquisa e por tornarem possível este projeto.

Ao Juan, por todas as dúvidas respondidas e pelo auxílio concedido. Ao Sérgio, pelas ajudas em campo. A todos os pós-graduandos ligados ao Eucflux, pela companhia e auxílio. À Roberta, por toda a ajuda nestes dois anos e meio, é mais do que cabe aqui. A tantos outros amigos, pelas cervejas e risadas. Aos representantes da pós-graduação junto ao FCA, por me auxiliarem em todos os momentos em que precisei. À Professora Simone, por me animar quando achei que nada disto fosse dar certo. Saiu!.

Aos membros do laboratório do Promab, por toda a ajuda e acolhimento (duplamente ao Raul). A Fernanda e Josi, pelas contribuições imensas, sem vocês não sei o que teria sido deste trabalho.

A todos vocês e tantos outros, pela boa vontade que me foi dada de forma tão generosa.

Serei sempre, sempre grato.

RESUMO

Espécies do gênero *Eucalyptus* são as mais plantadas na silvicultura brasileira, e são frequentemente cultivadas em regiões que sofre estresses hídricos e térmicos. Como uma alternativa para amenizar os danos causados pelas alterações climáticas, os sistemas de manejo em talhadia vem sendo mais usados nos últimos anos, devido a maior resistência à seca no início do ciclo. Outra razão para seu uso é econômica, uma vez que seus custos são reduzidos. Visando proporcionar melhor tomada de decisão em escolha de material genético e sistema de manejo, o objetivo do trabalho foi comparar dois clones do gênero *Eucalyptus* em manejos em talhadia e alto fuste, e suas respostas às condições climáticas ao longo do tempo. O estudo foi realizado em área na qual o Programa Cooperativo sobre Produtividade e Fluxos de Carbono e Água em *Eucalyptus* (EUCFLUX) desenvolve pesquisas, localizadas em Itatinga – SP. O crescimento dos clones *E. urophylla* (clone 12) e *E. grandis x camaldulensis* (clone 16), foram avaliados dos 3 aos 4 anos por meio de dendrômetros digitais. Foram instalados 12 dendrômetros pontuais, 3 em cada combinação de clone e manejo, os quais coletavam dados do raio do fuste automaticamente a cada 15 minutos. Os dados meteorológicos foram coletados por uma torre de fluxo instalada no local, com resolução temporal de 30 minutos. Teores de água no solo foram medidos pelo horizonte do solo, a cada 30 minutos. Para avaliar os efeitos das variáveis ambientais no crescimento dos materiais genéticos usou-se modelos lineares generalizados, na escala de uma hora do tempo. Variáveis ambientais avaliadas foram hora do dia, temperatura, precipitação, DPV e teor de água no solo. Incrementos anuais se situaram entre 7,1 e 9,5 kg ano⁻¹. O clone 12 em manejo de alto fuste apresentou o maior crescimento entre os tratamentos, seguido pelo clone 12 em regime de talhadia. O clone 16 apresentou desempenho similar em ambos os sistemas de manejo. Houve correlação positiva apenas entre crescimento e teor de água no solo, as variáveis restantes não apresentaram correlação ou tiveram correlações negativas. O clone 12 apresentou maior variação do crescimento em relação a mudanças ambientais que o clone 16. Respostas a variações ambientais momentâneas foram encontradas, demonstrando as diferentes estratégias evolutivas dos materiais genéticos comparados.

Palavras-chave: ecofisiologia; dendrômetro; modelagem; eucalipto.

ABSTRACT

Species of the *Eucalyptus* genus are the most planted in Brazilian forestry, and are often cultivated in regions that suffer water and thermal stress. As an alternative to mitigate the data caused by climate change, coppice management systems have been more used in recent years, due to their reduced costs and greater resistance to drought at the beginning of planting. Therefore, the objective of the work was to compare two clones of the genus *Eucalyptus* in coppice and tall bole management, and their responses to climatic conditions over time. The study was carried out in a plantation belonging to the Cooperative Program on Productivity and Carbon and Water Flows in *Eucalyptus* (EUCFLUX), located in Botucatu – SP. The growth of clones *E. urophylla* (clone 12) and *E. grandis* x *camaldulensis* (clone 16) were evaluated from 3 to 4 years old using digital dendrometers. 12 point dendrometers were installed, 3 in each clone and management combination, which collected data on the stem radius automatically every 15 minutes. Meteorological data were collected by a flow tower installed at the site, with a temporal resolution of 30 minutes. Soil water content (AS) was measured by the soil horizon every 30 minutes. To evaluate the effects of environmental variables on the growth of genetic materials, generalized linear models (GLM) were used, on a one-hour time scale. Environmental variables evaluated were time of day, temperature, precipitation, DPV and soil water content. Annual increments are between 7.1 and 9.5 kg year⁻¹. Clone 12 under high-stem management showed the highest performance among the treatments, followed by clone 12 under coppice management. Clone 16 showed similar performance in both management systems. A positive correlation was found only between growth and soil water content, with the remaining variables showing no correlation or negative correlations. Clone 12 showed greater variation in growth in relation to environmental changes than clone 16. Responses to momentary environmental variations were found, demonstrating morphological distinctions between the genetic materials compared.

Keywords: ecophysiology; dendrometers; modeling; eucalyptus.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Estresses hídrico e térmico.....	15
2.2	Sistemas de manejo.....	17
2.3	Dendrômetros de precisão.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1	Descrição da área e delineamento experimental.....	20
3.2	Dendrômetros automáticos.....	21
3.3	Dados meteorológicos.....	23
3.4	Estoque de água no solo.....	24
3.5	Análise Estatística.....	24
4	RESULTADOS.....	25
4.1	Crescimento em biomassa do fuste.....	25
4.2	Variação de biomassa ao longo do dia.....	25
4.3	Temperatura.....	28
4.4	Déficit de pressão de vapor (DPV).....	30
4.5	Teor de água no solo.....	31
5	DISCUSSÃO.....	34
6	CONCLUSÕES.....	37
	REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

No Brasil existem aproximadamente 9,5 milhões de hectares de plantações florestais, sendo que, 7,5 milhões de hectares são cultivados com as espécies de *Eucalyptus* (Iba, 2022). Os plantios de *Eucalyptus* no Brasil são classificados como o mais produtivo do mundo, ocupando uma área de 7,5 milhões de hectares (IBÁ, 2022). O rápido crescimento do *Eucalyptus* no Brasil é resultado de décadas de melhoramento genético e de sua adaptação às diferentes condições edafoclimáticas (Hakamada et al., 2020). Permitindo que o gênero seja cultivado em diversas regiões do Brasil abrangendo climas que variam entre tropical e subtropical úmido (Álvares et al., 2013) e temperaturas médias mensais entre 13 °C e 33 °C (Queiroz et al., 2020).

Dentre os fatores climáticos, a temperatura e disponibilidade de água estão entre as principais variáveis que influenciam o crescimento das árvores e os processos fisiológicos (Hatfield e Prueger, 2015; Rowland et al., 2014). Fatoque tem despertado nos silvicultores a preocupação sobre como a expansão das fronteiras florestais brasileiras a regiões previamente inexploradas e mais suscetíveis a secas podem impactar a produtividade e sobrevivência das árvores (Buschinelli e Costa, 2020; Oliveira, Paz e Silveira, 2021). Além disso, os modelos atuais predizem que até o fim do século 21 a temperatura média no Brasil aumentará entre 1 °C e 4 °C, acompanhada por estações secas mais intensas e períodos chuvosos mais curtos (IPCC, 2014), já que maiores temperaturas elevam a severidade de estresses hídricos, comprometendo ainda os plantios situados em regiões de baixa disponibilidade hídrica (Taiz e Zeiger, 2006).

Para amenizar o efeito dos períodos de seca no crescimento do *Eucalyptus*, algumas práticas de manejo estão sendo adotadas, como por exemplo, o uso de sistemas de talhadia, pois a árvore pode se beneficiar do sistema radicular já existente e bem desenvolvido sobretudo nos primeiros anos de cultivo (Gonçalves et al., 2014; Godoi, 2020). A presença de raízes finas em maiores densidades eleva a quantidade de água disponível para as plantas (Ferchaud et al., 2015), fazendo com que a talhadia seja uma das possíveis estratégias para elevar a produtividade dos plantios do gênero.

Outra vantagem dos sistemas radiculares preexistentes em sistemas de talhadia é a capacidade que estes possuem de acessar água a maiores profundidades e distâncias da árvore (Christina et al., 2016). A capacidade das cepas de acessar reservas de água mais estáveis em horizontes inferiores e mais facilmente adequar o lançamento de raízes finas às condições do solo faz com que seu uso seja comum em áreas com menor disponibilidade hídrica (Xavier et al., 2012; McCormack et al., 2015). O desempenho da talhadia depende, entretanto, de cuidados especiais tomados durante a colheita e sua principal vantagem permanece sendo o maior desempenho no início do ciclo em períodos de baixa precipitação..

Com isso, a análise do crescimento de plantios florestais em relação a variáveis climáticas demanda um acompanhamento detalhado das variações de volume do fuste com alta resolução temporal (Campoe, 2016). O uso de dendrômetros nestas ocasiões evita os erros decorrentes de medições manuais em maior frequência (Alvares, 2017). O detalhamento temporal do crescimento em escala de árvore, somado aos dados fornecidos pela torre de fluxo, pode auxiliar a compreender minuciosamente o comportamento de crescimento da floresta sob pequenas variações ambientais e climáticas.

Porém a maioria dos estudos avaliando o crescimento de plantios de *Eucalyptus* sob diferentes condições ambientais, é encontrado na literatura apenas em escalas anuais (Stape et al., 2008, Campoe et al., 2020). Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar o crescimento de um clone produtivo e outro tolerante a seca sob manejo em alto fuste e talhadia, e suas respostas a variações climáticas no intervalo de uma hora, entre 3 e 4 anos.

Para atender ao objetivo do trabalho, foram testadas as seguintes hipóteses:

- (1) O clone 12 apresentará maior crescimento que o clone 16.
- (2) O sistema de manejo em alto fuste apresentará maior crescimento que o de talhadia.
- (3) Haverá influência distinta de fatores ambientais sobre o crescimento dos materiais genéticos e sistemas de manejo.

6 CONCLUSÕES

O clone 12 apresentou maior crescimento quando comparado ao clone 16.

Os diferentes sistemas de manejo influenciaram o crescimento em biomassa do fuste apenas para o clone 12, enquanto o clone 16 não sofreu influência do manejo.

A variação de biomassa do fuste foi influenciada pela hora do dia, temperatura, DPV e teor de água no solo. O clone 12 apresentou resposta muito mais expressiva aos fatores avaliados quando comparado ao clone 16. A resposta dos clones às variações ambientais exemplifica caracterizações morfológicas já realizadas nestes, mostrando em tempo quase real o efeito que a morfologia de folhas, raízes e estômatos tem sobre o comportamento vegetal.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, C. D.; MACALADY, A. K.; CHENCHOUNI, H.; BACHELET, D.; MCDOWELL, N.; VENNETIER, M.; KITZBERGER, T.; RIGLING, A.; BRESHEARS, D. D.; HOGG, E. T.; GONZALEZ, P. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. **Forest ecology and management**, v. 259, n. 4, p.660-684, 2010.
- ALVARENGA, C. B. D.; TEIXEIRA, M. M.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; SIQUEIRA, D. L. D.; RODRIGUÊS, D. E.; RINALDI, P. C. N. Efeito do déficit de pressão de vapor d'água no ar na pulverização hidropneumática em alvos artificiais. **Biosciences journal**, 182-193, 2014.
- ALVARES, C. A.; CAMPOE, O. C.; CARNEIRO, R.L.; MUNHOZ, J.S.B.; DE MATTOS, E.M.; DELIBERALI, I.; FEREZ, A.P.C.; STAPE, J.L. Construção e uso de fitas dendrométricas para avaliação do ritmo de crescimento de árvores. **Circular Técnica**. IPEF, Piracicaba, SP. n° 212, 2017.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.
- ALVES, M. V. G.; CHIAVETTA, U.; KOEHLER, H. S.; MACHADO, S. do A.; KIRCHNER, F. F. Aplicação de k-nearest neighbor em imagens multispectrais para a estimativa de parâmetros florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 351-362, 2013.
- BARTÓN, K. **MuMIn: Multi-Model Inference**. , 22 mar. 2020. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/index.html>>. Acesso em: 26 set. 2023
- BASÍLIO, J. J. N. Raízes finas em plantações de eucalipto: efeitos genéticos e edafoclimáticos. Dissertação de Mestrado. **Universidade Estadual Paulista**. 2021
- BEERLING, D. J.; CHALONER, W. G. The Impact of Atmospheric CO₂ and Temperature Change on Stomatal Density: Observations from *Quercus robur* Lammas Leaves. **Annals of Botany**, v. 71, n. 3, p. 231–235, 1993.
- BINKLEY, D.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C. A.; CARNEIRO, R. L.; STAPE, J.L. Variation in whole-rotation yield among *Eucalyptus* genotypes in response to water and heat stresses: The TECHS project. **Forest Ecology and Management**, 462, p.117953, 2020.
- BREITSPRECHER, A.; HUGHES, W. A recording dendrometer for humid environments. **Biotropica**, v. 7, n. 2, p.90-99, 1975.
- BUCKLEY, T. N. et al. The Sites of Evaporation within Leaves. **Plant Physiology**, v. 173, n. 3, p. 1763–1782, mar. 2017.

CAMPOE, O.C.; MUNHOZ, J.S.; ALVARES, C.A.; CARNEIRO, R.L.; DE MATTOS, E.M.; FEREZ, A.P.C. AND STAPE, J.L. Meteorological seasonality affecting individual tree growth in forest plantations in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 380, p.149-160, 2016.

CAMPOE, O.C.; ALVARES, C.A.; CARNEIRO, R.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G.; HUBBARD, R.M.; STAHL, J.; MOREIRA, G.; MORAES, L.F.; STAPE, J.L. Climate and genotype influences on carbon fluxes and partitioning in Eucalyptus plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 475, p.118445, 2020.

CATTELINO, P.J.; BECKER, C.A.; FULLER, L.G. Construction and installation of homemade dendrometer bands. **Northern Journal of Applied Forestry**, v. 3, n. 2, p.73-75, 1986.

CHRISTINA, M.; NOUVELLON, Y.; LACLAU, J. P.; STAPE, J. L.; BOUILLET, J. P.; LAMBAIS, G. R.; LE MAIRE, G. Importance of deep water uptake in tropical eucalypt forest. **Functional Ecology**, v. 31, n. 2, p. 509–519, 2017.

CLARK, N.A.; WYNNE, R.H.; SCHMOLDT, D.L. A review of past research on dendrometers. **Forest Science**, v. 46, n. 4, p.570-576, 2000.

DE MATTOS, E. M.; BINKLEY, D.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; Variation in canopy structure, leaf area, light interception and light use efficiency among Eucalyptus clones. **Forest Ecology and Management**, v. 463, p. 118, 1 maio 2020.

DRAKE, P.L., MENDHAM, D.S., WHITE, D.A., OGDEN, G.N. AND DELL, B. Water use and water-use efficiency of coppice and seedling *Eucalyptus globulus* Labill.: a comparison of stand-scale water balance components. **Plant and soil**, v. 350, n. 1, p.221-235, 2011.

DRAKE, P. L.; FROEND, R. H.; FRANKS, P. J. Smaller, faster stomata: scaling of stomatal size, rate of response, and stomatal conductance. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 2, p. 495–505, jan. 2013.

DYE, P. J. Water use efficiency in South African Eucalyptus plantations: a review. **South African Forestry Journal**. v. 189, p. 17–26, 2000.

FANK-DE-CARVALHO, S. M.; SOMAVILLA, N. S.; MARCHIORETTO, M. S.; BÁO, S. N. Plant Structure in the Brazilian Neotropical Savannah Species. Em: **Biodiversity in Ecosystems - Linking Structure and Function**. [s.l.] IntechOpen, 2015.

FAHAD, S.; BAJWA, A.A.; NAZIR, U.; ANJUM, S.A.; FAROOQ, A.; ZOHAIB, A.; SADIA, S.; NASIM, W.; ADKINS, S.; SAUD, S.; IHSAN, M.Z. Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. **Frontiers in plant science**, v. 8, p.1147, 2017.

FAROOQ, M.; HUSSAIN, M.; WAHID, A.; SIDDIQUE, K.H.M. Drought stress in plants: an overview. In: AROCA, R. **Plant responses to drought stress. From morphological to molecular features**, Springer, 2012.

FERCHAUD, F.; VITTE, G.; BORNET, F.; STRULLU, L.; MARY, B. Soil water uptake and root distribution of different perennial and annual bioenergy crops. **Plant Soil**, v. 388, p. 307–322, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2335-y>

FERRAR, P. J.; SLATYER, R. O.; VRANJIC, J. A. Photosynthetic Temperature Acclimation in Eucalyptus Species From Diverse Habitats, and a Comparison With Nerium oleander. **Functional Plant Biology**, v. 16, n. 2, p. 199–217, 1989.

FERRARI, M. P., FERREIRA, C. A. AND DA SILVA, H. D. Condução de plantios de Eucalyptus em sistema de talhadia. **Embrapa Florestas-Documents (INFOTEC-A-E)**, 2004.

FERRAZ FILHO, A. C., SCOLFORO, J. R. S.; MOLA-YUDEGO, B. The coppice-with-standards silvicultural system as applied to Eucalyptus plantations—a review. **Journal of Forestry Research**, v. 25, n. 2, p. 237–248, 2014.

FIGUEIREDO FILHO, A.; DO ROCIO HUBIE, S.; SCHAAF, L. B.; DE FIGUEIREDO, D. J.; SANQUETTA, C.R. Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1, p. 69–84, 2003.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; LORETO, F.; CORNIC, G.; SHARKEY, T. D. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. **Plant Biology**. v. 6, p. 269–279, 2004. doi: 10.1055/s-2004-820867

FORRESTER, D.I.; BERTRAM, C.A.; MURPHY, S. Impact of competition from coppicing stumps on the growth of retained trees differs in thinned *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus tricarpa* plantations in southeastern Australia. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 42, n. 5, p. 841–848, 2012.

GAO, J.; TIAN, K. Stem and leaf traits as co-determinants of canopy water flux. **Plant Diversity**, v. 41, n. 4, p. 258–265, 1 ago. 2019.

GODOI, N. M. I., 2020. Adubação e residual de doses de nitrogênio, fósforo e potássio no eucalipto em sistema de talhadia no Cerrado. Dissertação (Mestre em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Iha Solteira, 2020.

GONÇALVES, J. L. DE M.; ÁLVARES, C. A.; BEHLING, M.; ALVES, J. M.; PIZZI, G. T.; ANGELI, A. Produtividade de plantações de eucalipto manejadas nos sistemas de alto fuste e talhadia, em função de fatores edafoclimáticos. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 103, p. 411–419, 2014.

GRIFFIN J. J.; RANNEY T.G.; PHARR D. M. Heat and drought influence photosynthesis and water relations, and soluble carbo-hydrates of two ecotypes of redbud (*Cercis canadensis*). **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 129, p. 497–502, 2004.

HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. **Weather and climate extremes**, v. 10, p.4-10, 2015.

HERRMANN, V.; MCMAHON, S.M.; DETTO, M.; LUTZ, J.A.; DAVIES, S.J.; CHANG-YANG, C.H. AND ANDERSON-TEIXEIRA, K.J. Tree circumference dynamics in four forests characterized using automated dendrometer bands. **PloS one**, v. 11, n. 12, p.e0169020, 2016.

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**, v. 475, p. 118407, nov. 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório IBÁ 2020**. Brasília, 2021.

IPCC. **Climatechange 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. IPCC, 2014.

KAYA, M. D.; OKCUB, G.; ATAKA, M.; CIKILIC, Y.; KOLSARICIA, O. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **European Journal of Agronomy**. v. 24, p. 291–295, 2006. doi: 10.1016/j.eja.2005.08.001

KING, D. A. The functional significance of leaf angle in Eucalyptus. **Australian Journal of Botany**, v. 45, n. 4, p. 619–639, 1997.

LARKINDALE, J.; MISHKIND, M.; VIERLING, E. Plant Responses to High Temperature. Em: **Plant Abiotic Stress**. [s.l.] John Wiley & Sons, Ltd, 2005. p. 100–144.

LAWSON, T.; BLATT, M. R. Stomatal Size, Speed, and Responsiveness Impact on Photosynthesis and Water Use Efficiency. **Plant Physiology**, v. 164, n. 4, p. 1556–1570, 1 abr. 2014.

MCCORMACK, M. L.; DICKIE, I. A.; EISSENSTAT, D. M.; FAHEY, T. J.; FERNANDEZ, C. W.; GUO, D.; HELMISAARI, H. S.; HOBBIE, E. A.; IVERSEN, C. M.; JACKSON, R. B. Redefining fine roots improves understanding of below ground contributions to terrestrial biosphereprocesses. **New Phytology**, v. 207, p. 505–518, 2015.

PECH, T. M. **GENÉTICA E GRADIENTE CLIMÁTICO COMO DETERMINANTES DE VARIAÇÕES ESTOMÁTICAS EM CLONES DE Eucalyptus**. Dissertação de mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina, 2020.

PORTER, J. R. Rising temperatures are likely to reduce crop yields. **Nature**, v. 436, n. 174, 2005. doi:10.1038/436174b

QUEIROZ, T. B.; CAMPOE, O. C.; MONTES, C. R.; ALVARES, C. A.; CUARTAS, M. Z.; GUERRINI, I. A. Temperature thresholds for Eucalyptus genotypes growth across tropical and subtropical ranges in South America. **Forest Ecology and Management**, v. 472, p.118248, 2020.

RAVEN, J. A. Speedy small stomata? **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 6, p. 1415–1424, 1 abr. 2014.

READ, J.; BUSBY, J. R. Comparative Responses to Temperature of the Major Canopy Species of Tasmanian Cool Temperate Rain-Forest and Their Ecological Significance .II. Net Photosynthesis and Climate Analysis. **Australian Journal of Botany**, v. 38, n. 2, p. 185–205, 1990.

RIBEIRO, N.; SITO, A. A., GUEDES, B. S.; STAIS, C. Manual de silvicultura tropical. Maputo: **Universidade Eduardo Mondlane**. 2022

ROWLAND, L.; MALHI, Y.; SILVA-ESPEJO, J. E.; FARFÁN-AMÉZQUITA, F.; HALLADAY, K.; DOUGHTY, C.E.; MEIR, P.; PHILLIPS, O.L. The sensitivity of wood production to seasonal and interannual variations in climate in a lowland Amazonian rainforest. **Oecologia**, v. 174, n. 1, p.295–306, 2014.

SÄLL, T.; PETTERSSON, P. A Model of Photosynthetic Acclimation as a Special Case of Reaction Norms. **Journal of Theoretical Biology**, v. 166, n. 1, p. 1–8, 7 jan. 1994.

SHEIL, D. Growth assessment in tropical trees: large daily diameter fluctuations and their concealment by dendrometer bands. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 33, n. 10, p.2027-2035, 2003.

SILVA, N. F. DA et al. Yield and Nutrient Demand and Efficiency of Eucalyptus under Coppicing Regime. **Forests**, v. 11, n. 8, p. 852, ago. 2020.

SOUZA, D. P. L. GALLAGHER T.; MITCHELL, D; MCDONALD, T.; SMIDT, M. Determining the effects of felling method and season of year on the regeneration of short rotation coppice. **International journal of forest engineering**, v. 27, n. 1, p. 53-65, 2016.

STAPE, J. L. Planejamento global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em Eucalyptus. **Série técnica IPEF**, v. 11, n. 30, p.51-62, 1997.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G. Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest ecology and management**, v. 193, n. 1-2, p.17-31, 2004.

STEPPE, K.; STERCK, F.; DESLAURIERS, A. Diel growth dynamics in tree stems: linking anatomy and ecophysiology. **Trends in plant science**, v. 20, n. 6, p.335-343, 2015.

TESTER M.; BACIC M. Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants. **Plant Physiology**, v. 137, p. 791–793, 2005.

THORUP-KRISTENSEN, K.; HALBERG, N.; NICOLAISEN, M.; OLESEN, J.E.; CREWS, T.E.; HINSINGER, P.; KIRKEGAARD, J.; PIERRET, A.; DRESBØLL, D.B. Digging deeper for agricultural resources, the value of deep rooting. **Trends in plant science**, v. 25, n. 4, p.406-417, 2020.

TOMST. **Point Dendrometer Handbook**. Michelská, República Tcheca, 2019. Disponível em: https://tomst.com/web/wp-content/uploads/2019/08/D1_users_manual_3.pdf. Acesso em: 23 ago. 2021.

VAN DER MAATEN, E.; VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M.; SMILJANIĆ, M.; ROSSI, S.; SIMARD, S.; WILMKING, M.; DESLAURIERS, A.; FONTI, ARX, G.; BOURIAUD, O. DendrometerR: Analyzing the pulse of trees in R. **Dendrochronologia**, Amsterdam, v. 40, p. 12-16, 2016.

WARREN, C. R. Does growth temperature affect the temperature responses of photosynthesis and internal conductance to CO₂? A test with *Eucalyptus regnans*. **Tree Physiology**, v. 28, n. 1, p. 11–19, 1 jan. 2008.

WILLIAMSON, G.B.; LAURANCE, W.F.; OLIVEIRA, A.A.; DELAMONICA, P.; GASCON, C.; LOVEJOY, T. E.; POHL, L. Amazonian tree mortality during the 1997 El Nino drought. **ConservationBiology**, v. 14, p. 1538–1542, 2000.

WHITEHEAD, D.; BEADLE, C. L. Physiological regulation of productivity and water use in Eucalyptus: a review. **Forest ecology and management**. v. 193, p. 113-40, 2004.

XAVIER, A.; da SILVA, R. L.; 2010. Evolução da silvicultura clonal de Eucalyptus no Brasil. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p.93-98, 2010.