

Dinâmica de deposição de serrapilheira, morfometria da copa e produção de raízes finas de clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* sob estresse hídrico

Leandro Silva de Oliveira¹ Nayara dos Santos de Souza¹ Nayara Rodrigues Rocha¹ Wanessa Almeida Mattos¹ Jessika Rodrigues Soares¹ Natália Correia Santos¹

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Avenida Universitária, 1000, Montes Claros-MG, Brasil

Artigo Original

*Autor correspondente:
leandroengflor@gmail.com

Palavras-chave:
Florestas plantadas

Ecofisiologia

Área foliar

Sistema radicular

Keywords:
Forest plantations

Ecophysiology

Leaf area index

Root system.

Received in
2021/10/30

Accepted on
2022/06/21

Published in
2022/09/30



DOI:
<http://dx.doi.org/10.34062/af.s.v9i3.13116>

RESUMO: O déficit hídrico pode limitar a produtividade do *Eucalyptus* spp. e selecionar genótipos adaptados a essas condições é necessário. Logo, compreender a capacidade adaptativa dos genótipos em regiões sob estresse hídrico é determinante para a seleção de materiais. Portanto, objetivou-se avaliar a adaptabilidade de clones híbridos de *Eucalyptus* spp. em duas épocas do ano (seca e chuvosa) situados em um teste clonal em Montes Claros, Minas Gerais. Para isso foi analisado: (1) acúmulo de serrapilheira e sua capacidade de retenção hídrica (CRH), (2) crescimento dendrométrico e morfometria da copa das árvores e (3) produção de biomassa de raízes finas vivas e mortas (0-25 e 25-50 cm profundidade) durante as épocas seca e chuvosa. A dinâmica de deposição da serrapilheira dos clones foi influenciada pela sazonalidade hídrica, no qual foi superior na época chuvosa. Para capacidade de retenção hídrica não houve diferenças. Por sua vez, os genótipos apresentaram diferenças adaptativas, constatadas pelos maiores valores morfométricos de copa (*ge*, *is* e *iev*) na estação seca. O clone A apresentou maior percentual de copa, significativamente maior que o clone B, com mais serrapilheira foliar na época seca. A maior produção de biomassa de raízes finas foi encontrada na camada de 0-25 cm do solo, sendo superior no clone B em ambas as camadas. Assim, os resultados abrem perspectivas para maiores estudos quanto à ecofisiologia dos materiais genéticos de *Eucalyptus* spp. e sua aplicabilidade no melhoramento genético florestal para a seleção de genótipos mais produtivos e eficientes para plantios em áreas sob estresse hídrico.

Litter deposition dynamics, crown morphometry and fine root production of *Eucalyptus urophylla* hybrid clones under water stress

ABSTRACT: The water deficit can be a limiting factor in the productivity of *Eucalyptus* spp. and the selection of adapted genotypes to these conditions is necessary. Therefore, understanding the adaptive capacity of genotypes in regions under water stress is crucial for the selection of genotypes. Thus, this work aimed to evaluate the litter deposition dynamics, crown development and fine root production of two hybrid clones of *E. urophylla* spp. The following were analyzed: (1) litter accumulation and its water retention capacity (CRH), (2) dendrometric growth and tree crown morphometry, and (3) biomass production of live and dead fine roots (0-25 and 25-50 cm depth) during dry and rainy seasons. The litter deposition dynamics of clones was influenced by water seasonality, which was higher in the rainy season. For water retention capacity there were no differences. In turn, the genotypes showed adaptive differences, verified by the highest morphometric values of crown (*ge*, *is* and *iev*) in the dry season. Clone A had a higher significantly percentage of crown than clone B, whose leaf litter deposition was higher in the dry season. The highest production of fine root biomass was found in the 0-25 cm layer of the soil, being higher in clone B in both layers. So, the results open perspectives for further studies on the ecophysiology of the genetic materials of *Eucalyptus* spp and its applicability in forest genetic breeding for the selection of more productive and efficient genotypes for plantations in areas under water stress.

Introdução

As espécies do gênero *Eucalyptus* spp. Constituem o principal componente da silvicultura brasileira, sendo empregadas para diversos fins, desde usos como madeira serrada (moirões, serraria), produção de energia da biomassa (carvão vegetal), até na fabricação de produtos mais elaborados, como celulose e papel. Atualmente, a área plantada *Eucalyptus* spp. está distribuída por todo o território brasileiro, correspondendo a, aproximadamente, 6,97 milhões de hectares (IBÁ 2020). A expansão da eucaliptocultura se dá devido ao elevado potencial de adaptação edafoclimática das espécies, associado à consolidação dos programas de melhoramento florestal das mesmas ao longo de décadas, proporcionando a seleção de genótipos para implantação de povoamentos em diversas regiões.

O setor florestal no Brasil está em transformação devido à expansão da sua fronteira para regiões como o Centro-oeste e o Nordeste, para além das áreas de concentração dos plantios florestais nas regiões Sul e Sudeste (Reis et al., 2021). O maior entrave encontrado para essa ampliação das áreas de plantio tem sido encontrar materiais adaptados às condições específicas de cada local, principalmente em regiões sujeitas a um intenso período de seca durante o ano (Gonçalves et al. 2017). Nesse âmbito, o melhoramento florestal tem produzido clones híbridos objetivando conciliar produção com tolerância ao déficit hídrico. Entretanto, o entendimento da dinâmica de crescimento e adaptação dos materiais genéticos são essenciais para os melhoristas. Dessa forma, a seleção de genótipos melhor adaptados às condições de estresse hídrico poderão ser otimizada, contribuindo para o avanço da silvicultura.

A literatura reporta estudos relacionados ao comportamento, eficiência e adaptação das espécies e clones de *Eucalyptus* spp. ao ambiente (Rosado et al. 2013; Santos et al. 2013; Moraes et al. 2015; Oliveira et al. 2019; Pedrinho et al. 2019; De Paula et al. 2020; Pereira et al. 2020; Asaad et al. 2021; Pinto Junior e Silveira 2021), especialmente em condições de déficit hídrico (Mendes 2015; Sousa et al. 2016; Gonçalves et al. 2017; Saadaoui et al. 2017; Furlan 2018; Oliveira 2020). Todavia, a altura total e diâmetro das árvores são as principais variáveis empregadas na seleção dos genótipos e, muitas vezes, são analisadas de forma individual (Neto et al. 2014; Zimmermann et al. 2016; Carrijo 2016), enquanto os demais parâmetros morfológicos são adotados como critérios secundários.

A elucidação dos mecanismos envolvidos na adaptabilidade dos genótipos relacionados ao déficit hídrico por meio da desfolha e desrama natural, morfometria da copa e área foliar das árvores, características da serrapilheira produzida e a crescimento do sistema radicular são pontos chave para a avaliação dos materiais genéticos no campo. Dessa maneira, a integração do conhecimento a

respeito da adaptabilidade dos genótipos de *Eucalyptus* spp. ao déficit hídrico e a compreensão das correlações existentes entre tais parâmetros é de grande relevância para profissionais da área de melhoramento florestal para aprimorar as técnicas de seleção, identificando com maior eficiência os genótipos mais bem adaptados.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade de clones híbridos de *Eucalyptus* spp. em duas épocas do ano (seca e chuvosa) situados em um teste clonal na cidade de Montes Claros, Minas Gerais. Assim, estudos foram conduzidos com esses genótipos em relação às dinâmicas de deposição de serrapilheira e sua natureza frente à retenção hídrica, quanto à alteração dos seus parâmetros morfométricos de copa e de produção e sobrevivência de raízes finas nas camadas do solo.

Material e Métodos

Área de estudo

O trabalho foi conduzido em um teste clonal de clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* com a idade entre 4 e 5 anos. O plantio foi estabelecido no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, na cidade de Montes Claros, sob as coordenadas geográficas de 16°40'30"S, 43°50' 06" e altitude de 621 metros.

O solo da área de plantio foi classificado como Nitossolo, possuindo textura argilosa e bem drenado. O clima da região é do tipo Aw, caracterizado por um verão quente chuvoso e inverno seco, segundo a classificação de Koppen (Martins et al. 2018). A temperatura média anual da região fica em torno de 24-25 °C. A pluviosidade varia de 900 a 1100 mm anuais, sendo dezembro e janeiro os meses com maior precipitação (Silva e Magalhães 2017). O histórico de precipitação e déficit hídrico anuais registrados em Montes Claros de 2012 a 2017 está apresentado na figura 1.

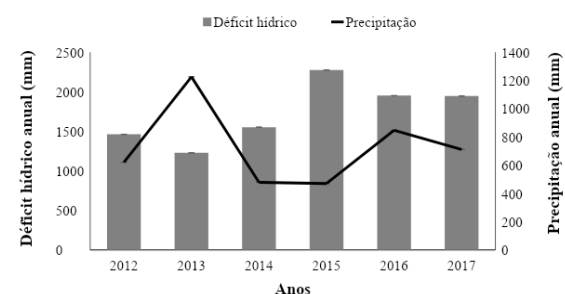


Figura 1. Valores anuais da precipitação (mm) e do déficit hídrico (mm) de Montes Claros - MG do período de 2012 a 2017. Fonte: SISDAGRO, 2022.

A implantação do teste clonal foi realizada em novembro de 2012. O plantio foi constituído por 2 clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* (A e B) e o espaçamento adotado foi de 4 x 3m. Os clones

foram dispostos em um talhão de 1,14 hectares, organizado em 3 blocos experimentais, sendo cada bloco composto por faixas de plantio. Cada faixa foi composta por duas linhas de plantio de cada um dos clones avaliados.

Acúmulo e retenção hídrica da serapilheira

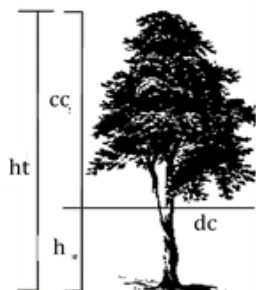
A coleta da serrapilheira foi realizada na época chuvosa (janeiro a março) e seca (junho a setembro), representando as 2 épocas do ano. Dentro de um mesmo bloco, na faixa correspondente a um clone, foram coletadas quatro amostras da serapilheira (galhos e folhas), que se encontravam depositados sobre a superfície do solo.

Para a coleta foi utilizado um gabarito de madeira, com dimensões de 30x30 cm, para delimitar a área de coleta. O material recolhido foi acondicionado em sacos plásticos e levado ao laboratório para triagem.

O estudo foi conduzido pela metodologia sugerida por Scoriza et al. (2012), com o uso de peneira, as partículas de solo foram removidas do material vegetal. Em seguida, foram separadas as frações: galhos e folhas. As diferentes frações da serapilheira foram secas em estufa de circulação forçada a 70 °C, até atingirem massa seca constante. Em sequência, foram determinadas as massas secas (Ms) dessas frações, com uso de balança de precisão 0,01g.

Posteriormente, para avaliar a capacidade de retenção hídrica (CRH), foi utilizado o método desenvolvido por Blow (1955). Cada fração foi reidratada por imersão em água durante 90 minutos e, em seguida, depositadas em peneiras durante 30 minutos para o escoamento da água superficial, assim determinando a massa úmida (Mu) em balança de precisão 0,01 g. Novamente, as frações foram secas em estufa a 70°C, até o estado anidro, e novamente pesadas para determinar as suas massas secas (Ms).

Para determinar a capacidade de retenção hídrica (CRH%), utilizou-se a equação (1).



apc: área de projeção de copa (m²) = (π/4).dc² h: altura do fuste (m)
 cc: comprimento de copa (m) ht: altura total (m)
 dap: diâmetro à altura do peito (cm) ia: índice de abrangência = dc/h
 dc: diâmetro da copa (m) iev: índice de espaço vital = (dc/dap)²
 fc: formal de copa = dc/cc is: índice de saliência = dc/dap
 ge: grau de esbeltez = Ht/dap pc: percentagem de copa (%) = (cc/Ht). 100

$$CRH(\%) = \left[\frac{Mu - Ms}{Ms} \right] \times 100 \quad (1)$$

Equação de retenção hídrica. CRH (%): capacidade de retenção hídrica; Mu: massa úmida; Ms: massa seca.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial com 2 fatores, sendo dois clones (A e B) e 2 estações do ano (seca e chuvosa) com 12 repetições por clone. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e em sequência, os tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

Morfometria da copa

O estudo foi conduzido de acordo com a metodologia descrita por Wink et al. (2012). A coleta dos dados foi realizada nos meses de setembro e de abril, épocas correspondentes ao final das estações seca e chuvosa, respectivamente. Para isso, realizou-se uma análise fenotípica prévia, na qual as 3 maiores árvores (em relação ao DAP e altura total) por clone de cada bloco, foram selecionadas.

Foram medidos o DAP (diâmetro à altura do peito), a Ht (altura total) com a utilização de uma suta e a prancheta dendrométrica, respectivamente. Além disso, coletou-se também o comprimento e diâmetro da copa (obtido pelos valores dos raios da copa, conforme a orientação Norte-Sul-Leste-Oeste). A partir dessas variáveis, calculou-se as relações morfométricas, apresentadas na Figura 2.

O comprimento de copa (cc), definido como o comprimento da altura de inserção do primeiro galho vivo até a altura do ápice, foi determinado pela diferença entre a altura total e a altura da primeira inserção de galho vivo, a qual, por sua vez, foi medida utilizando um cano PVC graduado.

O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial com 2 fatores: 2 clones (A e B) e 2 épocas do ano (chuvosa e seca) com 9 repetições por clone. Os dados de parâmetros da copa, crescimento em diâmetro e altura foram submetidos à ANOVA e as médias dos tratamentos foram comparados pelo

teste de Tukey, a 5% de significância.

Figura 2. Representação e descrição das variáveis dendrométricas e parâmetros morfométricos da copa de *Eucalyptus* spp. (Fonte: Wink et al. 2012. Adaptado).

Dinâmica de distribuição das raízes finas

As avaliações foram realizadas em agosto e em janeiro, correspondente à estação seca e chuvosa. Foi realizada a coleta de raízes finas de 2 árvores de cada clone em cada um dos blocos. Para a melhor delimitação do ponto de coleta, demarcou-se em cada árvore selecionada parcelas de formato retangular 3 m² de área útil, divididas em seis partes, representando o quarto de Veronoi, (Paula 2015). Cada coleta foi realizada em diferentes distâncias das árvores (Bordron 2017).

As amostragens de solo para a coleta das raízes foram feitas ao redor de cada árvore selecionada com o auxílio de uma haste de ferro de 5 cm de diâmetro interno, introduzida ao solo por impacto. Foram realizadas coletas em cada ponto selecionado para a retirada das seguintes camadas do solo: 0-25 cm, 25-50 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em geladeira até a sua triagem, como orientado por Hertel et al. (2003).

As amostras de raízes finas foram desagregadas do solo e lavadas em água corrente, para que fossem retiradas todas as partículas de solo. Posteriormente, as raízes foram classificadas entre vivas e mortas. Sendo considerado como raízes vivas aquelas que apresentassem maior flexibilidade, resistência à quebra quando encurvadas, brilho e coloração clara. As raízes enquadradas como mortas, por outro lado, foram aquelas com coloração escura (marrom, preto), baixa flexibilidade e quebrações de acordo com os critérios propostos por Bordron (2017), sendo eles: cor e brilho, flexibilidade e resistência.

Por fim, foram colocadas em sacos de papel, devidamente identificadas de acordo com o clone, o perfil do solo (profundidade) e a data da separação. Esses foram colocados à estufa à temperatura de 65°C (Pinheiro 2014). Durante a secagem, as

amostras foram pesadas em balança analítica (0,0001 g de precisão) até o peso permanecer constante para a determinação da biomassa de raízes finas por profundidade de solo para cada um dos materiais genéticos estudados.

O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial, com 3 fatores, sendo 2 clones (A e B), 2 profundidades do solo (0-25 e 25-50 cm) e 2 épocas do ano (seca e chuvosa), com seis repetições por clone. Os dados foram submetidos à ANOVA e em seguida, para a comparação das médias dos tratamentos, realizou-se o teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e Discussão

Acúmulo e retenção hídrica da serrapilheira

A deposição da fração folhas foi numericamente superior em relação à de galhos independentemente, da estação do ano e do clone. Não houve interação significativa entre os fatores avaliados. Entretanto, avaliando os clones e a sazonalidade isoladamente, foram observadas diferenças significativas.

A maior deposição de serrapilheira foi verificada na estação seca, para a fração folha (Tabela 1), sendo um indicativo da influência do ambiente sobre o crescimento das árvores. Os maiores valores nesta época possivelmente se relacionam como medida preventiva à alta perda de água por transpiração, determinando a queda de folhas como saída para lidar com o estresse hídrico (Alonso et al. 2015). Ressalta-se ainda que o processo de decomposição de serrapilheira é acelerado pela umidade do solo em razão da umidade do solo, implicando no fracionamento dos resíduos vegetais. Dessa forma, em períodos secos com temperaturas mais baixas o acúmulo de serrapilheira é maior (Schumacher et al. 2013).

Tabela 1. Biomassa (Mg ha⁻¹) de folhas de clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* em duas estações do ano (seca e chuvosa) em um teste clonal localizado na UFMG, Montes Claros, Minas Gerais.

Estação	Folha
Seca	8,31 ± 2,53 A
Chuvosa	6,93 ± 2,59 B

A, B – em cada coluna, médias seguidas de uma mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Valores das médias seguidas do desvio padrão da média.

Não houve interação significativa entre os compartimentos da serrapilheira (folhas e galhos) para cada clone, apesar disso, os avaliando de forma isolada, o clone B se destacou em relação ao clone A, apresentando maior deposição de folhas (8,22 Mg ha⁻¹) e de galhos (2,54 Mg ha⁻¹). (Tabela 3). A maior desrama por parte do clone B pode representar uma estratégia do genótipo frente ao déficit hídrico. Na

silvicultura, diferenças entre os clones de *Eucalyptus* spp. em relação ao índice de área foliar, na arquitetura da copa são reportadas (Livesley et al. 2014; Mattos et al. 2020).

A deposição de galhos do clone B foi 72% superior em relação ao do clone A na época seca do ano (Tabela 2). O resultado corrobora o comentário supracitado, indicando que os clones apresentam

mecanismos diferenciados de tolerância ao estresse hídrico. O clone B demonstra que a redução da sua copa, representada pela deposição de folhas e

desrama natural, é a estratégia adotada por este genótipo frente ao déficit hídrico.

Tabela 2. Biomassa (Mg ha⁻¹) de folhas e galhos de dois clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* (A e B) duas estações do ano (seca e chuvosa) em um teste clonal localizado na UFMG, Montes Claros, Minas Gerais.

Estação	Componentes da serrapilheira	
	Folha	Galho
Seca	8,31 ± 2,84 A	2,32 ± 1,33 A
Chuvosa	6,93 ± 2,38 B	2,16 ± 1,43 A

Clone	Componentes da serrapilheira	
	Folha	Galho
A	7,02 ± 2,54 B	1,94 ± 1,10 B
B	8,22 ± 2,50 A	2,54 ± 1,10 A

A, B – em cada coluna, médias seguidas de uma mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey (P> 0,05). Valores das médias seguidas do desvio padrão da média.

Este resultado está de acordo com os resultados observados por Santos et al. (2017) e Garlet et al. (2019) também para híbridos de *Eucalyptus* spp. Nos plantios florestais, a serrapilheira colabora consideravelmente na deposição de matéria orgânica e, conseqüentemente, na disponibilização de nutrientes no solo em função da decomposição de seus constituintes e também atua como isolante térmico do solo, prevenindo-o contra o superaquecimento e a perda de água por evapotranspiração (Schumacher et al. 2013, Ribeiro et al. 2018, Pereira et al. 2019).

A capacidade de retenção de água (CRH) das frações da serrapilheira não apresentou interação significativa com os fatores avaliados. Quando avaliados isoladamente, não se verificou diferenças significativas entre as estações do ano e clones híbridos de *E. urophylla*. Dentre os fatores que podem ter influenciado é o grau de decomposição das frações da serrapilheira, pois o grande aporte de serrapilheira na estação seca pode ter contribuído para diminuir a CRH (Petraglia et al. 2019), por outro lado, a concentração das chuvas em uma época do ano pode ter contribuído na aceleração da decomposição da serrapilheira, independentemente da fração analisada.

Morfometria da copa

Os clones híbridos de *E. urophylla* apresentaram diferenças entre algumas

características morfométricas nas duas estações do ano quando avaliadas de forma isolada, apesar de não haver interação significativa entre os fatores analisados (Tabela 3). Houve um incremento de 3 cm no diâmetro do caule e de 89 cm na altura das árvores durante a estação chuvosa. Na estação seca as árvores dos clones estudados apresentaram maiores *ge. is* e *iev*, o que era esperado em razão de serem características relacionadas ao DAP, para o qual constatou-se diferenças entre as duas estações do ano.

Na estação seca, o *ge* médio foi igual à 110,42, enquanto na estação chuvosa, esse índice caiu para 95,61 (Tabela 3), sendo indicativo da diferença na dinâmica de crescimento vegetativo entre as estações. Os valores maiores que 100 para *ge* indicam que as árvores têm maiores incrementos em altura que em diâmetro (Carmona et al. 2018), no caso deste estudo para o período de seca. O déficit hídrico retarda e até interrompe o crescimento secundário das plantas resultante da deposição limitada de células pelo meristema cambial nesse período (Franco 2018). Portanto, os clones podem ter apresentado incremento diamétrico do caule inferior na estação seca devido a atividade cambial estar reduzida nessa época. Na estação chuvosa, com a disponibilidade hídrica há o crescimento em diâmetro dos clones devido à atividade normal do câmbio ter sido retomada, constatada pela redução do *ge*.

Tabela 3. Parâmetros morfométricos nas duas épocas do ano (seca e chuvosa) de clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* em duas estações do ano (seca e chuvosa) em um teste clonal localizado na UFMG, Montes Claros, Minas Gerais.

Parâmetros	Estação do ano	
	Seca	Chuvosa
DAP (m)	0,13 ± 0,02 B	0,16 ± 0,01 A
Ht (m)	14,01 ± 0,98 B	14,90 ± 1,02 A
copa (%)	54,94 ± 11,21 A	51,94 ± 10,24 A
apc (m²)	18,14 ± 5,62 A	18,14 ± 5,62 A
fc (m)	0,64 ± 0,15 A	0,64 ± 0,15 A
ge	110,42 ± 17,99 A	95,61 ± 12,38 B
ia	0,34 ± 0,06 A	0,32 ± 0,06 A
is	37,42 ± 7,25 A	30,46 ± 5,12 B
iev	1450,16 ± 593,54 A	952,31 ± 355,72 B

DAP= diâmetro a altura do peito; Ht= altura total; copa= percentual de copa apc= área de projeção da copa; fc= formal de copa; ge= grau de esbeltez; ia= índice de abrangência; is= índice de saliência e iev= índice de espaço vital. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores das médias seguidas do desvio padrão da média.

As diferenças de *is* entre as estações do ano os evidenciaram a condição de estresse hídrico das árvores no teste clonal, pois o *is* pode ser utilizado como indicador de produção, sendo que as árvores com valores de *is* superiores a 25 tendem a um baixo crescimento volumétrico (Tonini e Arco-Verde 2005). No presente estudo, os clones exibiram crescimento baixo, principalmente na estação seca, onde em média, as copas foram 37,42 vezes maiores que o DAP na estação seca, enquanto na estação chuvosa esse valor decaiu para 30,46 (Tabela 3).

O maior incremento do DAP das árvores dos dois clones de híbridos de *E. urophylla* na estação chuvosa repercutiu na diferença do *iev*, com maior valor dessa variável para a época seca (Tabela 3). Isso está de acordo com as aferições do crescimento das árvores na estação chuvosa, uma vez que quanto menor for este índice em média num povoamento, maior será sua área basal e, provavelmente, também seu volume por hectare (Durló e Denardi 1998). Os resultados apresentados indicam que os genótipos apresentam estratégias que alteram a morfometria das suas copas no decorrer do ano. Portanto, a alteração do *iev* nas duas épocas do ano evidenciam a capacidade adaptativa dos clones às condições do Cerrado, com um marcante período de estiagem em

que as árvores modulam a dimensão das copas para garantir o pleno crescimento da árvore minimizando a competição por recursos (Condé et al. 2013).

O clone A apresentou maior porcentagem de copa, independentemente da estação do ano (Tabela 4) e as maiores proporções de copa representam o vigor e vitalidade da planta (Roman et al. 2009; Gardin et al. 2020). A abscisão foliar se caracteriza como uma resposta precoce adaptativa a locais onde há limitação hídrica. No entanto, essa tática pode comprometer a taxa de crescimento e produtividade da planta, uma vez que a assimilação de carbono também sofre diminuição (Klippel 2014).

A ausência de diferenças no crescimento em altura e DAP dos clones corrobora que os mesmos possuem boa adaptação ao sítio em que estão alocados por manterem suas copas. Entretanto, a redução de área foliar, ocasionada pela mortalidade de ramos e queda de folhas, é uma resposta comum ao estresse hídrico e o estudo evidencia que é uma estratégia adaptativa do clone B. Dessa forma, a manutenção da copa por parte do clone A reforça o indicativo da utilização de estratégias diferentes ao do clone B para tolerar o déficit hídrico na estação seca.

Tabela 4. Parâmetros morfométricos da copa de dois clones híbridos de *E. urophylla* (A e B) em um teste clonal localizado na UFMG, Montes Claros, Minas Gerais.

Parâmetros	Clones	
	A	B
DAP (m)	0,14 ± 0,02 A	0,15 ± 0,02 A
Ht (m)	14,60 ± 1,01 A	14,31 ± 1,05 A
copa (%)	57,82 ± 11,13 A	49,06 ± 9,88 B
apc (m ²)	19,55 ± 5,72 A	16,73 ± 5,50 A
fc (m)	0,61 ± 0,15 A	0,66 ± 0,14 A
ge	106,12 ± 17,48 A	99,90 ± 17,70 A
ia	0,34 ± 0,06 A	0,32 ± 0,06 A
is	35,70 ± 7,45 A	32,18 ± 7,23 A
iev	1329,79 ± 569,00 A	1072,67 ± 556,34 A

DAP= diâmetro a altura do peito; Ht= altura total; copa= percentual de copa apc= área de projeção da copa; fc= formal de copa; ge= grau de esbeltez; ia= índice de abrangência; is= índice de saliência e iev= índice de espaço vital. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores das médias seguidas do desvio padrão da média

Dinâmica de distribuição das raízes finas

O efeito da sazonalidade na dinâmica de distribuição das raízes finas, vivas ou mortas, foi constatado no presente estudo ao analisar os fatores de forma isolada. Não houve interações significativas entre os fatores (Tabela 5). As maiores quantidades de raízes finas (BRV e BRM) foram encontradas no período chuvoso. Isso se dá, possivelmente, porque esse período é favorável à produção de fotoassimilados que possibilitam o investimento na produção de raízes, devido a maior quantidade de carbono disponível e maior quantidade de água e nutrientes presentes na solução do solo estarem relacionadas à pluviosidade (Lambais 2015, Lambais et al. 2017).

O clone B apresentou maior BRV e BRM, independentemente da estação do ano e da profundidade do solo (Tabela 5). Esse resultado evidencia a capacidade adaptativa do clone B às condições de déficit hídrico, uma vez que há indícios que detêm meios de conservação das raízes para mantê-las vivas. Em geral, os materiais genéticos adaptados para essas regiões apresentam desenvolvimento radicular especializado, até em camadas profundas do solo para suprir as necessidades de água e nutrientes possibilitando o desenvolvimento da planta e minimizando os danos causados pelo estresse hídrico (Pinheiro 2014; Lambais 2015).

Os clones apresentaram quantidades expressivas de BRV e BRM na camada de 0-25 cm de solo (Tabela 5) porque a função essencial das

mesmas é a absorção de nutrientes, os quais estão presentes em maior concentração na porção superficial do solo, que apresenta maior atividade biológica e nutricional (Pereira et al. 2019; Germon et al. 2020). Isso confirma a grande capacidade de exploração nas camadas mais superficiais do solo em busca de nutrientes, onde ocorre a ciclagem de nutrientes dos componentes da serapilheira, especialmente do clone B. A redução na biomassa das raízes finas (BRV e BRM) na camada de 25-50 cm, independentemente da estação ou do clone avaliado, pode estar ligada à intensa atividade biológica das raízes, como por exemplo, alta demanda respiratória, associados a fatores exógenos como umidade e calor que podem ocasionar a morte das mesmas. Em camadas mais profundas, as raízes finas podem se expor a menores variações de temperatura e umidade, assim como ao ataque de agentes patógenos em atribuição ao aumento da profundidade (Lambais et al. 2017).

De maneira geral, a ausência de diferenças no crescimento dos clones no período experimental não implica que não haja mecanismos adaptativos específicos para os mesmos para tolerância à seca. Entretanto, maiores estudos ecofisiológicos são necessários para a compreensão desses mecanismos de respostas dos clones de *Eucalyptus* spp. ao estresse hídrico. Em razão do experimento ter sido conduzido com materiais genéticos provenientes de programa de melhoramento no Cerrado, essas diferenças não foram tão evidentes. Contudo, as diferenças encontradas em relação às frações de

serrapilheira, nos parâmetros de morfometria da copa e na distribuição das raízes no perfil do solo evidenciaram no perfil do solo apresentam indícios que os clones híbridos de *Eucalyptus* spp. têm respostas adaptativas diferenciadas ao ambiente, quer seja no crescimento da parte aérea, bem como do sistema radicular.

O clone B, aparentemente, possui uma resposta imediata ao estresse hídrico, através da desfolha e desrama natural, o que implica na redução

da sua copa, porém, pode ocasionar redução de crescimento pelo amplo desenvolvimento radicular. Por outro lado, o clone A mantém maior copa, mesmo apresentando menor biomassa de raízes finas, sugerindo que há outras estratégias de tolerância ao déficit hídrico, como por exemplo, maior eficiência fotossintética e de controle estomático, de absorção de água e de sobrevivência de das raízes vivas.

Tabela 5. Biomassa de raízes finas vivas (BRV) e mortas (BRM) em duas profundidades de solo (0-25 e 25-50 cm) de dois clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* (A e B) em duas estações do ano (seca e chuvosa) em um teste clonal localizado na UFMG, Montes Claros, Minas Gerais.

	BRV	BRM
Estação	Mg ha⁻¹	
Seca	2,93 ± 2,50 B	0,05 ± 0,03 B
Chuvosa	3,84 ± 2,32 A	0,07 ± 0,03 A
Clone	Mg ha⁻¹	
A	2,64 ± 2,67 B	0,05 ± 0,02 B
B	4,13 ± 1,95 A	0,07 ± 0,03 A
Profundidade (cm)	Mg ha⁻¹	
0-25	5,26 ± 1,66 A	0,07 ± 0,03 A
25-50	1,51 ± 1,41 B	0,04 ± 0,02 B

A, B – em cada coluna, médias seguidas de uma mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Valores das médias seguidas do desvio padrão da média.

Dessa maneira, estudos futuros a nível anatômico, fisiológico, bioquímico e molecular poderão compreender melhor os aspectos envolvidos na adaptação dos clones de *Eucalyptus* spp. ao estresse hídrico e definir variáveis úteis nos programas de melhoramento florestal para a seleção dos genótipos para determinado fim e localidade.

Conclusões

Os clones híbridos de *Eucalyptus* spp. apresentaram diferenças quanto à dinâmica de deposição de serapilheira nas duas épocas do ano avaliadas (seca e chuvosa). Por sua vez, não houve diferença para a capacidade de retenção hídrica entre estações do ano e clones. Na estação chuvosa, os clones apresentaram maior crescimento em altura e DAP e a maior concentração de biomassa de raízes finas foi encontrada na camada de 0-25 cm do solo

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Programa de Ensino Tutorial (PET) da Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de pesquisa em iniciação científica.

Referências

Alonso JM, Leles PSDS, Ferreira LDN, Oliveira, NDSA (2015) Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos. *Ciência Florestal*, 25(1): 01-11. doi: doi.org/10.5902/1980509817439.

Assad ED, Monteiro JDA, Pugliero VS (2021) Mudanças do clima e a cultura do eucalipto. Embrapa Informática Agropecuária. In: Oliveira EB, Pinto Junior JE (Ed.) *O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento*. Brasília: Embrapa Florestas- (ALICE). cap. 8, p. 357-394.

Blow FE (1955) Quantity and hydrologic characteristics of litter under upland oak forests in

- eastern Tennessee. *Journal of Forestry*, 53(3): 190-195. doi: doi.org/10.1093/jof/53.3.190.
- Bordron B (2017) *Dinâmica de crescimento e funcionamento nutricional das raízes finas de Eucalyptus em função da fertilização e da associação com espécie fixadora de nitrogênio*. Tese, Universidade de São Paulo. 156p. doi: 10.11606/T.11.2018.tde-20032018-175143.
- Carmona IN, Aquino MGC, Rocha DÍ, Neves Silva JJ, Ficagna AG, Baloneque DD, Pauletto D (2018) Variáveis morfométricas de três espécies florestais em sistema agroflorestal. *Revista Agroecossistemas*, 10(1), 131-144.
- Carrizo JVN (2016) *Uso de índices morfométricos na classificação das unidades produtivas em povoamentos de Eucalyptus urophylla no estado de Goiás*. Monografia, Universidade de Brasília. 40p.
- Condé TM, de Lima MLM, Lima N, Tonini H (2013) Morphometric of four species in agroforestry systems in the municipality of Porto Velho, Rondônia. *Agro@ambiente On-line*, 7(1): 18-27. doi: doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v7i1.932.
- De Paula BV, Arruda, WS, Etienne LP, Frank EA, Brunetto G (2020) Nutrient diagnosis of *Eucalyptus* at the factor-specific level using machine learning and compositional methods. *Plants*, 9(8), 1049. Doi: <https://doi.org/10.3390/plants9081049>.
- Durlo MA, Denardi L (1998) Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, 8(1): 55-66. doi: doi.org/10.5902/19805098351.
- Franco MP (2018) *Plasticidade de árvores de Eucalyptus grandis no contexto das mudanças climáticas: interação do déficit hídrico e da fertilização no crescimento e qualidade do lenho das árvores*. Tese, Universidade de São Paulo. 172p. Disponível em: 10.11606/T.11.2018.tde-01082018-111322.
- Furlan RA (2018) Seleção de clones de eucalipto para tolerância à seca no nordeste do Brasil. Tese, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 99p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/157471>.
- Gardin E, Watzlawick LF, Giloni-Lima PC (2020) Caracterização morfométrica da Curitiba prismatica. *Advances in Forestry Science*, 7(1), 881-887. doi: 10.34062/afs.v7i1.8150.
- Garlet C, Schumacher MV, Dick G, Viera M (2019) Ciclagem de nutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden: produção de serapilheira e devolução de macronutrientes no bioma Pampa. *Ecologia e Nutrição Florestal/Ecology and Forest Nutrition*, 7(5): 1-10. doi: doi.org/10.5902/2316980X37057.
- Germon A, Laclau JP, Robin A, Jourdan C (2020) Tamm Review: Deep fine roots in forest ecosystems: Why dig deeper?. *Forest Ecology and Management*, 466, 118135. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118135>
- Gonçalves JL, Alvares CA, Rocha JH, Brandani CB, Hakamada R (2017) Eucalypt plantation management in regions with water stress. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 79(3): 169-183. Doi: doi.org/10.2989/20702620.2016.1255415.
- Hertel D, Leuschner C, Hölscher D (2003) Size and structure of fine root systems in old-growth and secondary tropical montane forests (Costa Rica). *Biotropica*, 35(2): 143-153. doi: doi.org/10.1111/j.1744-7429.2003.tb00274.x.
- IBÁ (2020). Indústria Brasileira De Árvores. Relatório Anual Ibá 2020, ano base 2020. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>.
- Klippel VH, Pezzopane JEM, Pezzopane JRM, Toledo JV (2014) Impacto da deficiência hídrica no crescimento inicial de eucalipto. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, 23(1): 48-59.
- Laclau JP, Toutain F, M'bou AT, Arnaud M, Joffre R, Ranger J (2004) The function of the superficial root mat in the biogeochemical cycles of nutrients in Congolese *Eucalyptus* plantations. *Annals of Botany*, 93(3): 249-261. doi: doi.org/10.1093/aob/mch035.
- Lambais GR (2015) *Produção e mortalidade de raízes finas em plantações de Eucalyptus grandis cultivados em Latossolos (Itatinga-SP)*. Tese, Universidade de São Paulo. 141p. doi: 10.11606/T.64.2016.tde-01022016-170451.
- Lambais GR, Jourdan C, Piccolo MC, Germon A, Pinheiro RC, Nouvellon Y, Stape JL, Campoe OC, Robin A, Bouillet JP, Maire G, Laclau JP Contrasting phenology of *Eucalyptus grandis* fine roots in upper and very deep soil layers in Brasil. *Plant Soil*, 421(1-2), 301-318. doi: 10.1007/s11104-017-3460-1
- Livesley SJ, Baudinette B, Glover D (2014) Rainfall interception and stem flow by eucalypt street trees—The impacts of canopy density and bark type. *Urban*

Forestry & Urban Greening, 13(1), 192-197. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.09.001>.

Martins FB, Gonzaga G, dos Santos DF, Reboita MS (2018) Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. *Revista Brasileira de Climatologia*, 1: 129-156. doi: doi.org/10.5380/abclima.v1i0.60896.

Mattos EM, Binkley D, Campoe OC, Alvares CA, Stape JL (2020) Variation in canopy structure, leaf area, light interception and light use efficiency among *Eucalyptus* clones. *Forest Ecology and Management*, 463, 118038. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118038>.

Mendes HSJ (2015) Fenotipagem para estudos de estudos de tolerância à deficiência hídrica em eucalipto. Tese, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho. 67p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/123980>.

Moraes CBD, Carvalho EVC, Zimback L, Luz OSL, Pieroni GB, Mori ES, Leal TCAB (2015) Variabilidade genética em progênies de meios-irmãos de eucaliptos para tolerância ao frio. *Revista Árvore*, 39(6): 1047-1054.

Neto TDAC, dos Anjos LHC, Pereira MG, de Siqueira Jaccoud, CF (2014) Aporte de serapilheira em plantios de eucalipto em função da qualidade do sítio. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 34(80): 399-406. doi: doi.org/10.4336/2014.pfb.34.80.484.

Oliveira VP, Lima MDR, Silva BRS, Batista BL, Silva Lobato AK (2019) Brassinosteroids confer tolerance to salt stress in *Eucalyptus urophylla* plants enhancing homeostasis, antioxidant metabolism and leaf anatomy. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(2), 557-573. doi: <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9870-3>.

Oliveira LA (2020) Aspectos hidráulicos da tolerância à seca em clones de eucalipto. Dissertação, Universidade Federal de Viçosa. 86p. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/27835>.

Paula, RR (2015) *Processos de transferência de N em curto e longo prazo em plantios mistos de Eucalyptus grandis e Acacia mangium*. Tese, Universidade de São Paulo. 142p. doi: [10.11606/T.11.2015.tde-22092015-160845](https://doi.org/10.11606/T.11.2015.tde-22092015-160845)

Pedrinho DR, Ferreira AD, Laura VA, Bono JAM, Pereira SR, Matias R, Marques SPM, Nascimento, L S (2019) *Biometria de genótipos de eucalipto cultivados em solo arenoso na Região Central de*

Mato Grosso do Sul. Embrapa Gado de Corte-Documentos (INFOTECA-E). 28p.

Pereira AP, Durrer A, Gumiere T, Gonçalves JL, Robin A, Bouillet JP, Cardoso EJ (2019) Mixed *Eucalyptus* plantations induce changes in microbial communities and increase biological functions in the soil and litter layers. *Forest ecology and management*, 433, 332-342. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.018>.

Pereira WJ, Pappas MDCR, Campoe OC, Stape JL, Grattapaglia D, Pappas Jr GJ (2020) Patterns of DNA methylation changes in elite *Eucalyptus* clones across contrasting environments. *Forest Ecology and Management*, 474(118319): 1-13. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118319>.

Petraglia A, Cacciatori C, Chelli S, Fenu G, Calderisi G, Gargano D, Carbognani M (2019) Litter decomposition: effects of temperature driven by soil moisture and vegetation type. *Plant and Soil*, 435(1), 187-200.

Pinheiro RC (2014) *Variabilidade entre materiais genéticos de Eucalyptus spp quanto à distribuição de raízes finas em Latossolos Profundos*. Dissertação, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 81p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/123249>.

Pinto Junior JE, Silveira R (2021) A introdução do eucalipto no Brasil pela Embrapa: bases institucionais e sua estruturação para a pesquisa com eucaliptos e corímbias. In: Oliveira EB, Pinto Junior JE (Ed.) *O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento*. Brasília: Embrapa Florestas- (ALICE). cap. 1, p. 33-112.

Reis CAF, Santos AM, Pacheco AR, Moraes ADC. (2021). Contribuições das pesquisas com eucaliptos para a expansão de fronteiras das florestas plantadas brasileiras. In: Oliveira EB, Pinto Junior JE (Ed.) *O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento*. Brasília: Embrapa Florestas- (ALICE). cap 9, p. 394-493.

Ribeiro FP, Gatto A, Oliveira AD, Pulrolnik K, Ferreira EAB, Carvalho AM, Moraes Neto SP (2018) Litter dynamics in *Eucalyptus* and native forest in the Brazilian Cerrado. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, n. 11, p. 29-43, 2018. doi: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n11p29>.

Roman M, Bressan DA, Durló MA (2009) Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. *Ciência Florestal*, 19(4): 473-480. doi: doi.org/10.5902/19805098901.

Rosado AM, da Mata AG, Castro RVO, Correia ACG (2013) Avaliação da tolerância à quebra por vento em árvores de eucalipto via teste de resistência. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 33(75): 309-315.

Saadaoui E, Yahia KB, Dhahri S, Jamaa MLB, Khouja ML (2017) An overview of adaptative responses to drought stress in *Eucalyptus* spp. *Forestry Studies*, 67(1): 86-96. doi: doi.org/10.1515/fsmu-2017-0014.

Santos GA, Resende MDV, Silva LD, Higa A, Assis TF (2013) Adaptabilidade de híbridos multiespécies de *Eucalyptus* ao Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Árvore*, 37(4): 759-769.

Santos AFA, Carneiro ACP, Martinez DT, Caldeira SF (2017) Capacidade de retenção hídrica do estoque de serapilheira de eucalipto. *Floresta e Ambiente*, 24(e20150303): 1-9. doi: doi.org/10.1590/2179-8087.030315.

Schumacher MV, Corrêa RS, Viera M, Araújo EFD (2013) Produção e decomposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* maidenii. *Cerne*, 19(3): 501-508. doi: doi.org/10.1590/S0104-77602013000300018.

Scoriza RN, Pereira MG, Pereira GHA, Machado DL, Silva, EMR (2012) Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. *Série Técnica Floresta e Ambiente*, 2: 1-18.

Silva FG, Magalhães SCM (2017) Correlação entre fatores climáticos, socioambientais e a dengue na microrregião Montes Claros/MG. *Caminhos de Geografia*, 18(61): 231-244. doi: doi.org/10.14393/RCG186115.

SISDAGRO (Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária), (2022) Balanço hídrico sequencial da estação meteorológica de Montes Claros – MG. INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Disponível em: <http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/monitoramento/bhs>.

Sousa MPBL, da Silveira PS, da Silva LM, de Sousa PV, Gonçalves GA, Gil JLRA, Matos FAS (2016) *Eucalyptus* urocan drought tolerance mechanisms. *African Journal of Agricultural Research*, 11(18): 1617-1622. doi: doi.org/10.5897/AJAR2016.10918.

Tonini H, Arco-Verde MF (2005) Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. *Pesquisa Agropecuária*

Brasileira, 40(7): 633-638. doi: doi.org/10.1590/S0100-204X2005000700002.

Wink C, Monteiro JS, Reinert DJ, Liberalesso E (2012) Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. *Scientia Forestalis*, 40(93): 57-67. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr93/cap06.pdf>.

Zimmermann APL, Costa EA, Schröder T, Fleig FD (2016) Modelagem do incremento diamétrico de *Pinus taeda* em função de variáveis da copa e índices de competição. *Floresta*, 46(1): 115-122. doi: doi.org/10.5380/ufv.v46i1.42424.