

ARTIGO ORIGINAL

Avaliação de clones de *Eucalyptus* spp. sob sistema de integração lavoura, pecuária e floresta no município de Morrinhos, Goiás***Evaluation of *Eucalyptus* spp. clones in integrated crop-livestock-forestry systems in Morrinhos, Goiás State***Cristiane Aparecida Fioravante Reis^{1*} , Alisson Moura Santos¹ , Emerson Trogello² ,
Abílio Rodrigues Pacheco¹ , Teotônio Francisco de Assis³ ¹Embrapa Florestas, Colombo, PR, Brasil²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos, GO, Brasil³Empresa Assistech, Nova Lima, MG, Brasil

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Fonte de financiamento: Embrapa, IFGoiano, CNPq, Rede ILPF.

Conflito de interesse: Nada a declarar.

*Autor correspondente:
cristiane.reis@embrapa.br

Recebido: 2 outubro 2024.

Aceito: 26 maio 2026.

Editor: Alexandre de Vicente Ferraz.

Como citar: Reis, C. A. F., Santos, A. M., Trogello, E., Pacheco, A. R., & Assis, T. F. (2026). Avaliação de clones de *Eucalyptus* spp. sob sistema de integração lavoura, pecuária e floresta no município de Morrinhos, Goiás. *Scientia Forestalis*, 54, e4114. <https://doi.org/10.18671/scifor.v54.14>

R E S U M O

Os sistemas de integração de lavoura, pecuária e floresta (ILPF) têm apresentado grande crescimento nos últimos anos no Brasil e ganhado destaque em razão dos benefícios ambientais, econômicos e sociais. O gênero *Eucalyptus* tem sido amplamente utilizado nesses sistemas. Todavia, existe uma grande carência por clones de *Eucalyptus* spp. adaptados aos sistemas de ILPF e, também, às condições edafoclimáticas do território goiano. Do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar e selecionar clones de *Eucalyptus* spp. sob sistema de ILPF, no município de Morrinhos, Goiás. O experimento foi implantado em janeiro de 2018, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus de Morrinhos, utilizando 40 clones de *Eucalyptus* spp. O teste clonal foi implantado em renques de linha simples, no espaçamento de 4 m x 10 m e delineamento de blocos ao acaso, com sete repetições e cinco plantas por parcela. Avaliou-se a sobrevivência, a circunferência à altura do peito, a altura total, o volume individual com casca, a forma do fuste e o estado fitossanitário de todas as árvores, aos cinco anos e dois meses (2023) e aos seis anos e três meses de idade (2024). A sobrevivência foi estimada em 96,97%, o volume individual médio de madeira igual a 0,6721 m³, aos cinco anos e dois meses e 0,9719 m³, aos seis anos e três meses de idade. A maioria dos clones apresentou boa forma do fuste e ausência de insetos-pragas e doenças em nível de dano econômico. Os clones apresentaram diferenças entre si, quanto ao volume individual de madeira com casca, pelas análises de devianças. Os parâmetros genéticos foram estimados com alta acurácia seletiva, indicando que o experimento foi bem conduzido. A interação clones x idades foi significativa. Entretanto, a parte simples e a complexa da interação foram semelhantes e houve alta correlação genética entre os desempenhos dos clones nas duas idades de avaliação. O ganho de seleção dos dez melhores clones foi 19,56%. Os clones avaliados apresentaram boa adaptação ao sítio, com desempenho satisfatório em termos de crescimento e volume de madeira, confirmando o potencial dos clones selecionados para o cultivo nas referidas condições edafoclimáticas de Morrinhos.

Palavras-chave: Melhoramento genético florestal; Teste clonal; REML/BLUP; Parâmetros genéticos.

A B S T R A C T

Integrated crop-livestock-forestry (ICLF) systems have experienced significant growth in Brazil, gaining prominence due to their environmental, economic, and social benefits. *Eucalyptus* spp. has been widely utilized in these arrangements. However, there is a substantial demand for *Eucalyptus* spp. clones adapted both to ICLF systems and the specific edaphoclimatic conditions of the state of Goiás. This study aimed to evaluate and select *Eucalyptus* spp. clones under a ICLF system in Morrinhos, Goiás. The experiment was established in January 2018 at the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Morrinhos Campus, testing 40 clones of *Eucalyptus* spp. The test was designed in single-row trees, spaced 4 m x 10 using a randomized complete block design, with seven replicates and five plants per plot. Tree survival, circumference at breast height, total height, individual volume with bark, stem form, and phytosanitary status were assessed at five years and two months (2023) and six years and three months of age (2024). Results indicated a survival rate of 96.97%; mean individual wood volumes of 0.6721 m³ at five years and two months and 0.9719 m³ at six years and three months. Most clones exhibited favorable stem form and an absence of pests or diseases at economic injury levels. Deviances analysis revealed significant differences among clones for individual wood volumes. Genetic parameters were estimated with high selective accuracy. The clones x ages interaction was significant. However, the simple and the complex parts of the interaction were similar and there was a high genetic correlation between the clones' performances at the two evaluation ages. The selection gain for the top ten clones was 19.56%. The results confirm that the selected clones are well-adapted, confirming the potential for cultivation in the edaphoclimatic conditions of Morrinhos.

Keywords: Forestry breeding; Clonal test; REML/BLUP; Genetic parameters.

1. INTRODUÇÃO

Em virtude do forte apelo ambiental, econômico e social, os sistemas de integração têm sido considerados o futuro da agricultura (Reis et al., 2023). Por essa razão, eles têm ganhado considerável atenção por parte do agronegócio brasileiro, alcançando área total de 17.431.533 ha na safra de 2020/2021, um incremento de quase dez vezes em relação à safra 2005/2006 (Rede ILPF, 2021). Na prática, ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), bem como ações de difusão de tecnologias elaboradas por instituições públicas e privadas e, também, os resultados alcançados pelos produtores pioneiros têm estimulado consideravelmente os demais produtores rurais, sejam eles pequenos, médios ou grandes a adotarem esse sistema de produção no território brasileiro. Em razão da relevância do tema, incentivos financeiros têm sido ofertados via Plano de Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária (ABC+) do Governo Federal e, também, pelo setor produtivo rural, com vistas à consolidação de uma agropecuária nacional alicerçada sobre sistemas mais sustentáveis, resilientes e produtivos (Brasil, 2021).

Nos últimos anos, após o enorme crescimento das áreas com sistemas de integração, especialmente com lavoura e pecuária (ILP) (Rede ILPF, 2021), a incorporação do componente florestal, via sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF), tem sido vista como uma nova tendência a ser incrementada em decorrência dos inúmeros benefícios que este componente proporciona (Reis et al., 2023). Algumas das principais vantagens das árvores nos sistemas de integração são: estratificação no uso dos recursos; redução da compactação e erosão do solo, com atenuação progressiva do impacto da chuva e incrementos nos níveis de serapilheira; utilização dos nutrientes localizados em horizontes mais profundos do solo; melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo; melhoria da capacidade produtiva do solo; modificação da qualidade e quantidade de radiação luminosa pelas copas; melhoria da qualidade do ar; sequestro de gás carbônico (estoque de carbono); controle do efeito erosivo do vento; aumento do bem-estar animal, em decorrência do maior conforto térmico; maior eficiência na utilização dos insumos; obtenção de produtos florestais; diversificação da renda e, consequentemente, maior renda e sustentabilidade para a propriedade rural (Assad et al., 2019; Pezzopane et al., 2019, 2021).

Sabe-se que o eucalipto tem sido amplamente plantado no Brasil, atingindo mais de 70% das áreas com monocultivos (Indústria Brasileira de Árvores, 2025; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024), sendo também o mais plantado como componente arbóreo em ILPF no Brasil. No estado de Goiás, os monocultivos de eucalipto também representam a maioria da área plantada com espécies florestais (Indústria Brasileira de Árvores, 2025; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024). Os plantios têm contribuído para suprir as demandas por madeira para geração de energia térmica para secagem de grãos, nos fornos de ceramistas, cimenteiras e nas mineradoras; para geração de vapor d'água em frigoríficos, laticínios e indústrias de alimentos e de bebidas; na construção civil; na confecção de paletes; nas serrarias; nas usinas para tratamento de madeira e na produção de carvão vegetal (Reis et al., 2021a, 2024).

A par de toda essa conjuntura, a carência de clones de eucaliptos adaptados às condições edafoclimáticas do território goiano tem sido evidenciada em diversos estudos (Cunha et al., 2021; Oliveira et al., 2020, 2021; Silva et al., 2022). No que tange aos sistemas de integração, a condução de avaliações, em nível experimental, de grande número de clones de eucalipto e a indicação dos mais adequados são raros no Brasil como um todo (Reis et al., 2021b).

Do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar clones intra e interespecíficos de *Eucalyptus* spp. sob condições de sistemas de ILPF, visando à seleção e recomendação daqueles clones mais adaptados às condições ambientais do município de Morrinhos, Goiás.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O teste clonal de *Eucalyptus* spp. foi instalado na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus de Morrinhos, localizado no município de Morrinhos, Goiás, às margens da Rodovia BR-153 (Figura 1). Esse município está inserido na Microrregião Meia Ponte e à Mesorregião Sul Goiano. O local apresenta coordenadas de 17°48'50" de latitude Sul, 49°12'23" de longitude Oeste e altitude de 900 m.

O clima, segundo Köppen-Geiger, é classificado como tropical com estação seca de inverno (Aw). De acordo com série histórica de 30 anos, a temperatura média anual é 23,30 °C e a precipitação pluviométrica média anual, 1.346 mm (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2024). As estimativas de precipitação e temperatura média anual, no período de condução do experimento (2018-2024), obtidas na Estação Meteorológica do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, são apresentadas na Figura 2 (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2024). O solo é caracterizado como um Latossolo Vermelho distrófico segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018).

Os clones intra e interespecíficos de *Eucalyptus* spp. utilizados no experimento foram previamente selecionados, em sua maioria, para ambientes sujeitos ao déficit hídrico, em diversas localidades do Brasil (condição também bastante peculiar ao Cerrado goiano). Os genitores desses clones são procedentes das seguintes espécies: *E. camaldulensis* (11 clones), *E. globulus* (um clone), *E. grandis* (oito clones) e *E. urophylla* (36 clones) (Tabela 1).

As mudas clonais foram adquiridas em viveiro comercial, localizado no município de Caetanópolis, Minas Gerais. Elas foram plantadas em arranjo com renques de linhas simples (uma única aleia), no espaçamento de 4 m entre plantas no renque e 10 m entre renques. Esse espaçamento foi escolhido como forma de testar um maior número de clones de eucalipto no experimento, bem como privilegiar a produção de madeira no sistema. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com 40 tratamentos (clones), sete repetições e cinco plantas por parcela. O plantio das mudas foi realizado no período de 24 e 25 de janeiro de 2018. Esse plantio seguiu a orientação Leste-Oeste, como forma de maximizar a entrada de luz solar no sistema. A área experimental utilizada possui 5,6 ha, tendo sido usada anteriormente como pastagem, a qual apresentava-se degradada.

Para implantação do componente arbóreo, foi realizado motocoveamento, sendo a adubação por cova composta de 150 g do formulado 11-52-00 de NPK e 50 g do formulado 00-00-60 de NPK. Aos 45 dias após o plantio, foi aplicado ácido bórico na quantidade de 10 g por planta. Ao completar um ano do cultivo florestal, foi feita uma nova aplicação com ácido bórico, na quantidade de 20 g por árvore, a qual se repetiu aos dois anos após o plantio das mudas. As desramas foram feitas de seis em seis meses até que as árvores atingissem a altura de 18 m (aos dois anos e três meses de idade), sempre priorizando a proporcionalidade de desrama de um terço da parte mais baixa da copa. Os monitoramentos e combates às formigas e às plantas daninhas foram conduzidos desde o período anterior ao plantio, conforme preconizado em plantios comerciais de eucalipto.

No início da estação chuvosa do segundo semestre de 2018, foi realizada a semeadura do componente agrícola milho (*Zea mays* cv. 30F35VYHR) entre os renques. Ressalta-se que essa cultivar possui transgenia que confere resistência à lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e, também, ao herbicida glifosato. A semeadura do milho visou uma densidade final de 60.000 plantas/ha. Consorciado ao milho, foi plantado a lanço o componente forrageiro (*Panicum maximum* cv. BRS Zuri) utilizando 9,37 kg/ha de sementes. A colheita do milho com a forragem, para silagem, foi realizada na primeira quinzena de março de 2019, com uma automotriz com plataforma de 6 m.

Em março de 2019, foi implantando o girassol (*Helianthus annuus* cv. Sany 66), como segunda safra do componente agrícola, em consórcio com o componente forrageiro (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã). A semeadura do girassol foi realizada na densidade de aproximadamente 50.000 plantas/ha e a forragem na densidade de semeadura de 8 kg/ha. Após a ensilagem do girassol, o componente forrageiro tem permanecido na área até o presente momento.

A inserção do componente animal (bovino leiteiro) foi realizada somente em 2020, devido às limitações logísticas que impossibilitaram a inserção dos animais ao final de 2019, embora o componente forrageiro já estivesse adequado para o pastejo. Em março de 2020, foi realizada a roçagem da área, visando à uniformização e adequação do rebrote da forragem para permitir a entrada dos animais em sequência.



Figura 1. Teste clonal de *Eucalyptus* spp. no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, no município de Morrinhos, Goiás.
Fonte: Adaptado de Google Earth Pro (Google, 2021).

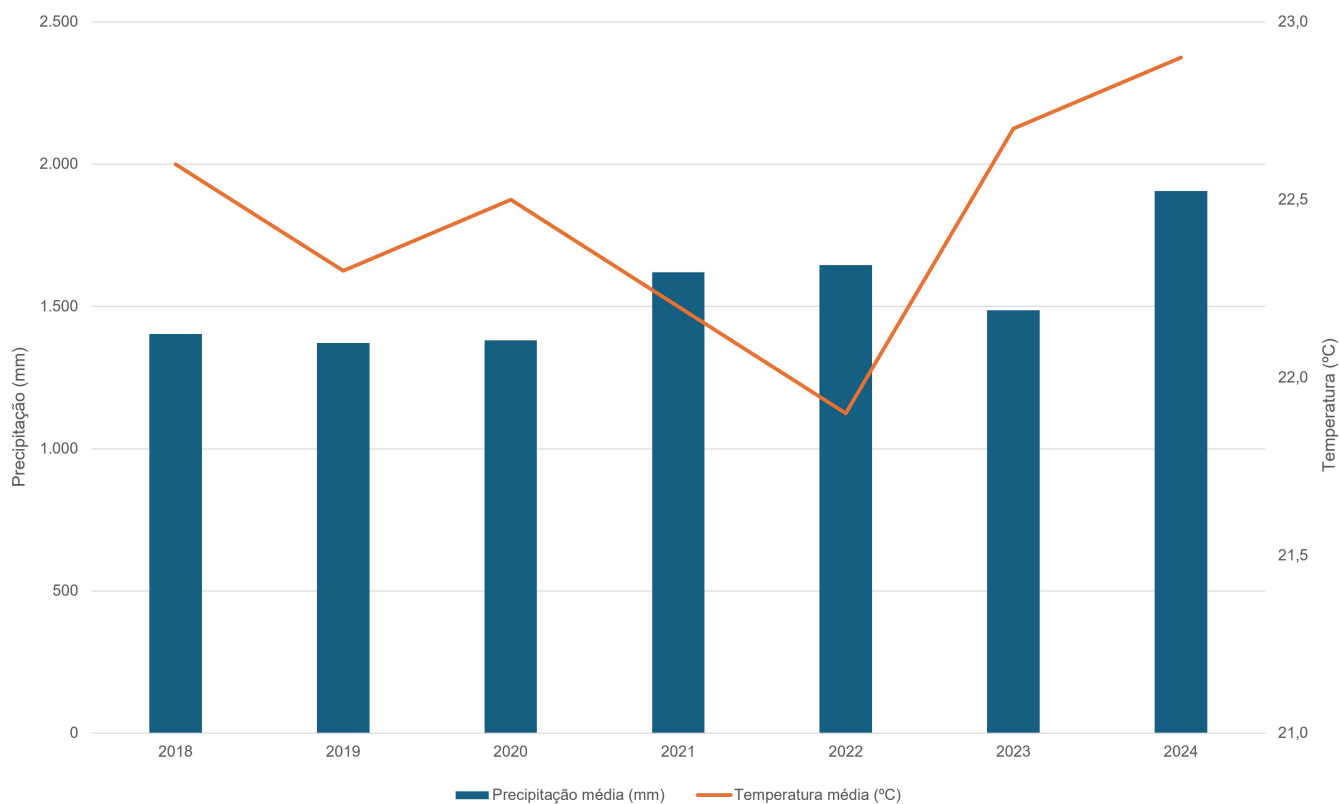


Figura 2. Estimativas de precipitação anual média (mm) e temperatura média anual (°C), para os anos de 2018 a 2024, obtidas na Estação Meteorológica do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos.
Fonte: Estação Meteorológica do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2024).

Tabela 1. Clones avaliados sob sistema de integração lavoura, pecuária e floresta no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, no município de Morrinhos, Goiás.

Número	Nomenclatura do clone	Espécie
1	AS 004	<i>E. urophylla</i>
2	AS 006	<i>E. urophylla</i>
3	AS 007	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>
4	AS 008	<i>E. globulus</i>
5	AS 010	<i>E. urophylla</i>
6	AS 013	<i>E. camaldulensis</i>
7	AS 016	<i>E. camaldulensis</i>
8	AS 017	<i>E. urophylla</i>
9	AS 021	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>
10	AS 022	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
11	AS 025	<i>E. urophylla</i>
12	AS 027	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>
13	AS 028	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
14	AS 029	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>
15	AS 031	<i>E. urophylla</i>
16	AS 032	<i>E. urophylla</i>
17	AS 033	<i>E. urophylla</i>
18	AS 034	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>
19	AS 035	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
20	AS 038	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
21	AS 039	<i>E. camaldulensis</i>
22	AS 041	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>
23	AS 042	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>
24	AS 046	<i>E. urophylla</i>
25	AS 049	<i>E. urophylla</i>
26	AS 050	<i>E. urophylla</i>
27	AS 051	<i>E. urophylla</i>
28	AS 052	<i>E. urophylla</i>
29	AS 061	<i>E. urophylla</i>
30	AS 062	<i>E. urophylla</i>
31	AS 063	<i>E. urophylla</i>
32	AS 065	<i>E. urophylla</i>
33	AS 067	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
34	AS 070	<i>E. urophylla</i>
35	AS 072	<i>E. urophylla</i>
36	AS 076	<i>E. urophylla</i>
37	GG 1069	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
38	GG 1980	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
39	GG 2808	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
40	AEC 2034	(<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>) x <i>E. urophylla</i>

Neste trabalho foram contempladas as avaliações silviculturais realizadas em duas ocasiões: março de 2023 (5 anos e dois meses de idade) e abril de 2024 (seis anos e três meses de idade). Nestas avaliações foram mensurados os seguintes caracteres: sobrevivência; circunferência à altura do peito (CAP - cm), por meio de fita métrica e altura total (m), por meio do hipsômetro Vertex IV.

Para a estimativa do volume individual de madeira com casca, foi utilizada a equação do volume do cilindro, adotando-se o fator de forma igual a 0,46 (Oliveira et al., 2019).

$$V_{ind} = \frac{DAP^2 * H_t}{40.000} * \pi * ff \quad (1)$$

em que, V_{ind} : volume individual estimado por árvore (m^3); DAP: diâmetro à altura do peito (cm); H_t : altura total média das árvores em cada tratamento (m) e ff : fator de forma de 0,46.

De forma qualitativa, foram avaliados os caracteres: forma do fuste e presença ou ausência de doenças bióticas e abióticas, bifurcação e quebras.

Nas análises estatísticas foi utilizado o procedimento de modelos mistos, via Metodologia Máxima Verossimilhança Restrita/Melhor Predição Linear Não Viesada (*Restricted Maximum Likelihood* (REML)/ *Best Linear Unbiased Prediction* (BLUP)), com uso do software Selegen - REML/BLUP (Resende, 2016). Nas análises individuais (por idade) foi utilizado o modelo: $y = Xr + Zg + Wp + e$, em que y é o vetor de dados fenotípicos, r é o vetor dos efeitos fixos de repetição somados à média geral, g é o vetor dos efeitos aleatórios genotípicos, p é o vetor dos efeitos aleatórios de parcela e e é o vetor dos aleatórios erros ou resíduos.

A análise conjunta das avaliações, realizadas nos anos de 2023 e 2024, foi feita por meio do modelo: $y = Xr + Zg + Wp + Ti + e$, em que: y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos fixos de repetição somados à média geral, g é o vetor dos efeitos aleatórios genotípicos, p é o vetor dos efeitos aleatórios de parcela, i é o vetor dos efeitos aleatórios da interação clones x idades, e é o vetor dos efeitos aleatórios de erros ou resíduos (Resende, 2016). As letras X, Z, W e T representam as matrizes de incidência dos referidos efeitos (Resende, 2016).

A partir dessas análises foram obtidas as significâncias dos efeitos aleatórios dos modelos pelo teste da razão da verossimilhança (LRT) e as análises de deviances (Resende, 2016). As estimativas das acurácias e dos parâmetros genéticos dos clones foram obtidas para cada idade e na análise conjunta das idades. Os valores genotípicos de todos os clones foram preditos por meio do procedimento BLUP.

O desdobramento da interação clones x idades foi realizada por meio de equação que leva em consideração modelos mistos, sendo genótipos com efeitos aleatórios e ambientes com efeitos fixos (Vencovsky & Barriga, 1992):

$$v_{Gid}^2 = (1/4) * (v_{G1} - v_{G2})^2 + (1/2) * (1 - r_{G12}) * v_{G1} * v_{G2} \quad (2)$$

em que, v_{Gid}^2 : variância da interação clones x idades; v_{G1} : desvio padrão dos valores genotípicos na primeira idade de avaliação (2023), v_{G2} : desvio padrão dos valores genotípicos na segunda idade de avaliação (2024) e r_{G12} : correlação genotípica entre os desempenhos dos clones nas duas idades (2023/2024). A primeira parte da expressão, $(1/4) * (v_{G1} - v_{G2})^2$, corresponde à parte simples da interação clones x idades e a segunda parte, $(1/2) * (1 - r_{G12}) * v_{G1} * v_{G2}$, corresponde à parte complexa.

3. RESULTADOS

A taxa de sobrevivência das árvores foi igual a 96,97%, aos cinco anos e dois meses de idade. As médias de volume individual de madeira foram iguais a 0,6721 m^3 aos cinco anos e dois meses de idade (avaliação de 2023) e 0,9719 m^3 aos seis anos e três meses de idade (2024). Em geral, a maioria das árvores apresentou boa forma do fuste; ausência de doenças e insetos-pragas em nível de dano econômico; ausência de fustes elípticos (bastante comuns no eucalipto sob ILPF); bem como ausência de bifurcações, de seca de ponteiros e de quebras pelo vento ou por descargas atmosféricas. O desempenho das árvores do clone AS 062 (*E. urophylla*) e, consequentemente, sua adaptação ao local de plantio, ficaram comprometidos em virtude da ocorrência de distúrbios fisiológicos, causando a gomose ou pau-preto.

Os valores das acurácias seletivas para o caráter volume individual de madeira variaram de 0,93 a 0,96 nas análises individuais e na conjunta de idades (Tabela 2). Nas análises de deviances foram observados efeitos significativos de clones e de parcelas pelo teste de LRT, a 1% de probabilidade. Houve efeitos também significativos da interação clones x idades a 1% de probabilidade.

Em geral, observa-se um aumento nas estimativas dos parâmetros genéticos com a idade, exceto para o coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (Tabela 3). Uma parte considerável da variância fenotípica foi explicada pela variância residual, o que refletiu nos valores mais baixos de herdabilidade individual no sentido amplo, embora todos tenham sido diferentes de zero de acordo com os seus respectivos intervalos de confiança. Entretanto, os valores das herdabilidades na média de clones foram bastante superiores aqueles da herdabilidade individual no sentido amplo, conforme já esperado.

Os componentes de variância obtidos nas análises por idades estão inflacionados pelos componentes da interação clones x idades. Esse aspecto pode ser facilmente notado ao se comparar os componentes de variância do ano de 2024 com aqueles estimados na análise conjunta de idades.

Na Figura 3 é apresentado o ranqueamento dos clones, com base nos valores genotípicos (BLUPs), aos cinco anos e dois meses (2023) e aos seis anos e três meses de idade (2024). Os dez melhores clones, em ordem decrescente, quanto ao caráter volume de madeira, avaliados nos anos de 2023 e 2024, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 2. Análises de deviances, para cada idade e na conjunta de idades, para o caráter volume individual de madeira, em metros cúbicos, do teste clonal de *Eucalyptus* spp., avaliado aos cinco anos e dois meses (2023) e aos seis anos e três meses de idade (2024), no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, no município de Morrinhos, Goiás.

Fontes de variação	Avaliação 2023		Avaliação 2024		Análise conjunta 2023/2024	
	Deviance	LRT ¹	Deviance	LRT ¹	Deviance	LRT ¹
Clones*	-3.854,65	142,70**	-2.476,82	159,97**	-6.087,55	43,06**
Parcelas*	-3.939,98	57,87**	-2.591,76	45,03**	-5.850,20	280,41**
Interação clones x idades	-	-	-	-	-6.080,40	50,21**
Modelo completo	-3.997,85	-	-2.636,79	-	-6.130,61	-
Acurácia seletiva	0,9571		0,9631		0,9354	

¹Teste da razão da verossimilhança, com distribuição com 1 grau de liberdade; **Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de Qui-quadrado; * Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos.

Tabela 3. Componentes de variância para o caráter volume individual de madeira, em metros cúbicos, do teste clonal de *Eucalyptus* spp., aos cinco anos e dois meses (2023) e aos seis anos e três meses de idade (2024), localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, no município de Morrinhos, Goiás.

Componentes de variância	Estimativas		
	Avaliação 2023	Avaliação 2024	Conjunta 2023/2024
Variância genotípica	0,0094	0,0273	0,0157
Variância ambiental entre parcelas	0,0031	0,0069	0,0091
Variância da interação clones x idades	-	-	0,0024
Variância residual	0,0149	0,0400	0,0293
Variância fenotípica	0,0274	0,0742	0,0565
Herdabilidade individual no sentido amplo	0,3441	0,3680	0,2785
Coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas	0,1119	0,0930	0,1613
Coeficiente de determinação dos efeitos da interação clones x idades	-	-	0,0418
Herdabilidade na média de clones	0,9161	0,9277	0,8749
Coeficiente de variação genotípico (%)	14,4534	17,0034	14,9872
Coeficiente de variação ambiental (%)	11,5735	12,5615	14,6183
Coeficiente de variação relativa	1,2488	1,3536	1,0252
Média fenotípica (m ³)	0,672	0,971	0,837

Tabela 4. Ranqueamento dos valores genotípicos e o ganho de seleção para volume de madeira dos clones, selecionados aos seis anos e três meses de idade, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, no município de Morrinhos, GO.

Ranqueamento	Nomenclatura do clone	g	Valor genotípico (m+g) - BLUP	Ganho de seleção (%)
1	AS 006	0,3364	1,3084	34,61
2	AS 028	0,3096	1,2950	33,23
3	GG 2808	0,2637	1,2752	31,19
4	GG 1069	0,2086	1,2516	28,77
5	AS 031	0,1752	1,2307	26,62
6	GG 1980	0,1570	1,2137	24,87
7	AS 022	0,1520	1,2009	23,55
8	AS 017	0,1263	1,1881	22,23
9	AS 065	0,0907	1,1742	20,80
10	AS 034	0,0817	1,1621	19,56

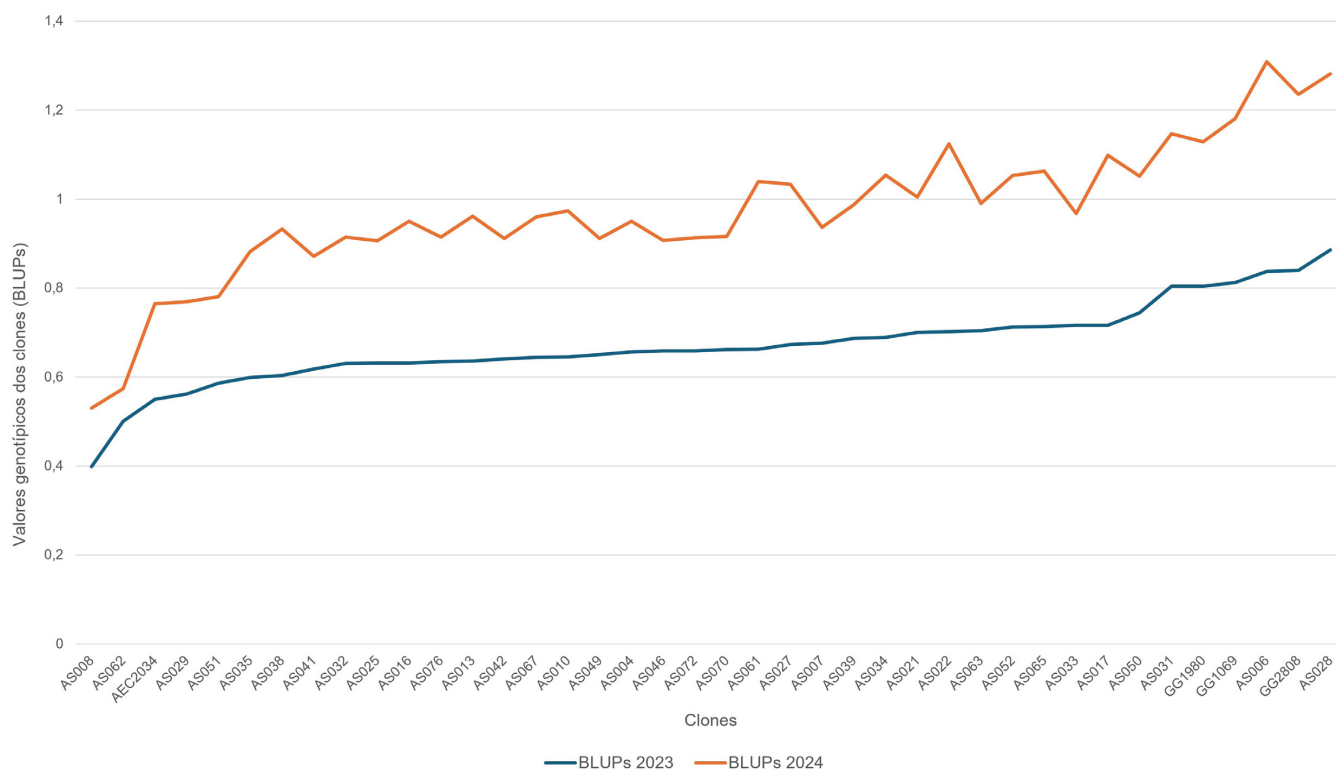


Figura 3. Valores genotípicos (BLUPs) dos clones de *Eucalyptus* spp., aos cinco anos e dois meses (2023) e aos seis anos e três meses de idade (2024), procedentes do teste clonal no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus de Morrinhos, no município de Morrinhos, Goiás.

Embora os efeitos da interação clones x idades tenham sido significativos, a percentagem de contribuição da parte simples da interação (52,80%) foi relativamente similar à parte complexa (47,20%). A proporção da variância da interação clones x idades em relação à variância genotípica foi de baixa magnitude (15,28%) (Tabela 3). Adicionalmente, a correlação genética do desempenho dos clones nas duas idades de avaliação foi alta (0,87).

Entretanto, como houve ligeira alteração na classificação dos dez melhores clones nas duas idades de avaliação, optou-se por conduzir a seleção com base no ano de 2024. Pela avaliação realizada aos seis anos e três meses, a produção média individual dos dez melhores clones, correspondendo ao quartil superior dos clones analisados, foi 1,1621 m³. Este resultado reflete um ganho de seleção de 19,56% em relação à média da população original.

4. DISCUSSÃO

A taxa de mortalidade observada no teste clonal foi muito baixa, onde apenas 42 indivíduos dos 1.400 haviam morrido predominantemente na fase juvenil. A boa adaptação dos clones às condições ambientais experimentais do sítio de plantio pode ser explicada pela qualidade dos procedimentos técnico-operacionais adotados na implantação e condução do sistema de ILPF, bem como pela maior parte dos clones serem puros de *E. urophylla* ou possuírem as espécies *E. urophylla* e *E. camaldulensis* em sua composição. Essas espécies são reconhecidas pela ampla adaptação às condições ambientais do Cerrado goiano (Flores et al., 2016; Cunha et al., 2021; Oliveira et al., 2020, 2021; Silva et al., 2022). Além disso, a taxa de mortalidade não esteve associada a um clone específico, ou seja, ocorreu de maneira aleatória entre os clones.

As estimativas de acurácia obtidas, em ambas as idades de avaliação, são classificadas como muito altas (Resende & Duarte, 2007). A acurácia é um parâmetro estatístico muito importante por considerar simultaneamente os atributos de variação residual, número de repetições e controle genético do caráter, ela infere sobre a precisão e a qualidade dos experimentos (Resende & Duarte, 2007). Esse parâmetro tem a propriedade de favorecer uma acurada predição dos valores genotípicos e, consequentemente, proporcionar maior segurança no ranqueamento dos genótipos para fins de seleção (Resende & Duarte, 2007). Assim, os resultados demonstram-se muito favoráveis para a seleção.

Outro fator que confirma essa tendência é o coeficiente de variação relativa. Esse coeficiente, segundo Vencovsky & Barriga (1992), indica a viabilidade de seleção quando for superior a 1, o que foi verificado em ambas as idades avaliadas.

Os elevados valores de volume de madeira por árvore, em ambos os anos de avaliação, podem ter sido influenciados pelo espaçamento mais amplo entre as árvores (40 m²) no sistema de ILPF, quando comparado aos espaçamentos mais utilizados nos monocultivos comerciais de eucalyptos no Brasil, que normalmente variam entre 6 e 16 m² por árvore. Maiores espaçamentos entre plantas possibilitam maior disponibilidade de água, de luz solar e de nutrientes, bem como menor competição entre plantas. Adicionalmente, as árvores podem também ter sido beneficiadas, de forma indireta, pelas adubações realizadas nos componentes agrícolas e forrageiros no sistema de ILPF. Como o volume de madeira consiste em um caráter quantitativo (poligênico), ele está sujeito à elevada influência destes fatores ambientais.

Pelos efeitos significativos de clones nas análises de deviances, infere-se que, pelo menos, um clone difere quanto ao volume de madeira em relação aos demais. Em razão de terem sido avaliados clones intra e interespecíficos de *Eucalyptus*, uma grande variação no desempenho já era esperada. Todavia, em razão da boa adaptação,

observou-se vários clones com alta produtividade, fato que contribui para a seleção de um maior número de candidatos.

Os valores de herdabilidades denotam controle genético variando de moderado a alto. Assim, esses valores revelam excelentes possibilidades de seleção e, consequentemente, contribuem para o ganho significativo quanto ao caráter avaliado. De acordo com Bernardo (2020), o progresso esperado com a seleção depende diretamente da herdabilidade e da intensidade de seleção praticada. Adicionalmente, destaca-se que as idades de avaliação utilizadas neste experimento correspondem àquelas frequentemente adotadas para a colheita do eucalipto em plantios comerciais no Brasil. As idades de cinco a sete anos são comuns para a colheita de madeira de eucalipto visando à produção carvão, celulose e lenha (na forma de “metrinho” ou cavaco), sendo esta última a principal aplicação deste insumo em processos industriais no estado de Goiás.

Embora tenham sido observados efeitos significativos na interação clones x idades, houve semelhança de contribuição entre as partes simples e complexa da interação e alta correlação no desempenho dos clones nas duas idades de avaliação. Nota-se também que as alterações no ranqueamento dos dez melhores clones não foram de grande magnitude nas avaliações realizadas em 2023 e 2024. Do exposto, os melhores clones selecionados podem ser recomendados para plantio, desde que em áreas com condições ambientais semelhantes àquelas do sítio experimental de Morrinhos, com vistas a suprir às demandas regionais por clones e madeira de eucalipto em território goiano.

Entretanto, para se obter êxito em um futuro programa de melhoramento genético de eucalipto para sistemas de ILPF, devem ser consideradas avaliações que possibilitem melhor entendimento da dinâmica do desenvolvimento das árvores e suas inter-relações com os demais componentes (agrícola, forrageiro e animal). Em uma segunda etapa, os cinco melhores clones ora selecionados serão avaliados em experimentos com delineamento e análises estatísticas inspirados nas propostas de Vencovsky & Barriga (1992) e Ramalho et al. (1983, 1993).

Como há inúmeras possibilidades de arranjos de componentes (arbóreos, agrícolas, forrageiras e animais, arranjos espaciais, dentre outros), é impossível avaliar todos os genótipos existentes a cada ciclo de melhoramento, em todas as situações (Vencovsky & Barriga, 1992; Ramalho et al., 1983, 1993). Os referidos autores ressaltam ainda que a avaliação dos genótipos em vários ambientes e, em mais de um ano de plantio (ou idades), é de vital importância.

Neste contexto, o intuito do teste clonal de Morrinhos foi realizar uma seleção inicial dos clones quanto à maior adaptação e produtividade de madeira para uso em condições ambientais similares. Todo o trabalho foi realizado em consonância com a disponibilidade recursos físicos, técnicos e financeiros que os autores possuíam para o referido período. Entretanto, é relevante estimar a interação entre materiais genéticos (clones) e sistemas (monocultivo e consórcio) nos trabalhos a serem conduzidos futuramente (Vencovsky; Barriga, 1992; Ramalho et al., 1983, 1993). Para isso, cada material deve ser avaliado nas duas situações.

Adicionalmente, serão também instalados e avaliados testes de progênes com sementes dos melhores clones (de domínio público) no intuito de avanço de gerações de melhoramento. Parte das sementes já coletadas será também resguardada em banco de conservação de germoplasma da Embrapa Florestas.

5. CONCLUSÃO

Os clones avaliados apresentaram bom desempenho silvicultural nas condições de ILPF estudadas. Entretanto, recomendações de uso devem considerar futuras avaliações quanto ao efeito dos clones sobre os demais componentes do sistema (agrícola, forrageiro e animal) para a plena indicação de materiais genéticos para esses sistemas.

REFERÊNCIAS

- Assad, E. D., Costa, L. C., Martins, S., Calmon, M., Feltran-Barbieri, R., Campanili, M., & Nobre, C. A. (2019). *Papel do Plano ABC e do Planaveg na adaptação da agricultura e da pecuária às mudanças climáticas* (48 p.). São Paulo: WRI Brasil.
- Bernardo, R. (2020). *Breeding for quantitative traits in plants* (442 p.). Woodbury, Minnesota: Stemma Press.
- Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA. (2021). *Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo* (28 p.). Brasília: MAPA.
- Cunha, T. Q. G., Santos, A. C., Novaes, E., Hansted, A. L. S., Yamaji, F. M., & Sette Júnior, C. R. (2021). *Eucalyptus expansion in Brazil: energy yield in new forest frontiers. Biomass and Bioenergy*, 144, 105900. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105900>.
- Flores, T. B., Alvares, C. A., Souza, V. C., & Stape, J. L. (2016). *Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação* (448 p.). Piracicaba: IPEF.
- Google. (2021). *Google Earth Pro: software para computador. Versão 7.3. Imagem de satélite de área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus de Morrinhos, Goiás*. Lat. 17°48'51.63"S, Long. 49°12'33.13"O. Provedor dos dados: Maxar Technologies.
- Indústria Brasileira de Árvores - Ibá. (2025). *Ibá: relatório anual 2025* (100 p.). Brasília: Ibá.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2024). *Produção da extração vegetal e da silvicultura 2024*. Rio de Janeiro.
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. (2024). *Dados Meteorológicos do IF Goiano - Campus Morrinhos*. Recuperado em 2 de outubro de 2024, de <https://www.ifgoiano.edu.br/home/index.php/meteorologia-2>
- Oliveira, R. S., Oliveira, J., Ribeiro, D., Barbosa, R., Reis, C. A. F., & Novaes, E. (2019). Ajustes de equações hipsométricas para plantios clonais multiespécies de eucalipto no cerrado goiano. *TreeDimensional*, 4(8), 1-10. https://doi.org/10.18677/TreeDimensional_2019B10.
- Oliveira, R. S., Ribeiro, C. V. G., Neres, D. F., Porto, A. C. M., Ribeiro, D., Siqueira, L., Zauza, E. A. V., Coelho, A. S. G., Reis, C. A. F., Alfenas, A. C., & Novaes, E. (2020). Evaluation of genetic parameters and clonal selection of *Eucalyptus* in the Cerrado region. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 20, 2998203. <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3a35>.
- Oliveira, R. S., Santos, L. T. V., Melo, S. C., Chagas, M. P., Ribeiro, D., Reis, C. A. F., Novaes, E., & Sette Júnior, C. R. (2021). Wood energy yield for *Eucalyptus* clones growing under seasonal drought-stress in Brazil. *Biomass and Bioenergy*, 154, 106264. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106264>.
- Pezzopane, J. R. M., Bosi, C., Bernardi, A. C. C., Muller, M. D., & de Oliveira, P. P. A. (2021). Managing eucalyptus trees in agroforestry systems: productivity parameters and PAR transmittance. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 312, 107350-107358. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107350>.
- Pezzopane, J. R. M., Nicodemo, M. L. F., Bosi, C., Garcia, A. R., & Lulu, J. (2019). Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. *Journal of Thermal Biology*, 79, 103-111. PMID:30612670. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.015>.
- Ramalho, M. A. P., de Oliveira, A. C., & Garcia, J. C. (1983). *Recomendações para o planejamento e análise de experimentos com as culturas de milho e feijão consorciadas* (EMBRAPA-CNPMS. Documentos, 2, 74 p.). Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS.

- Ramalho, M. A. P., dos Santos, J. B., & de Zimmermann, M. J. O. (1993). *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações no melhoramento do feijoeiro* (271 p.) Goiânia: UFG.
- Rede ILPF. (2021). *ILPF em números – safra 2020/2021*. Brasília.
- Reis, C. A. F., de Souza, C. B., Santos, A. M., Moreira, J. M. M. A. P., & de Oliveira, V. L. E. (2021a). *Competitividade da cadeia produtiva de florestas plantadas em Goiás: a visão das organizações públicas e privadas*. Colombo: Embrapa Florestas.
- Reis, C. A. F., Santos, A. M., & Pacheco, A. R. (2021b). Potencialidades e desafios para o melhoramento genético de eucaliptos aos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). In E. B. de Oliveira, & J. E. Pinto Júnior (Eds.), *O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento*. Brasília: Embrapa.
- Reis, C. A. F., Moreira, J. M. M. A. P., Santos, A. M., & Moraes-Rangel, A. C. (2024). *Diagnóstico da produção de eucalipto no Distrito Federal e em Goiás*. Colombo: Embrapa Florestas.
- Reis, J. C., Kamoi, M. Y. T., Michetti, M., Wruck, F. J., & Rodrigues, R. (2023). Economic and environmental impacts of integrated systems adoption in Brazilian agriculture-forest frontier. *Agroforestry Systems*, 97(5), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00831-5>.
- Resende, M. D. V. (2016). Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 16(4), 330-339. <https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49>.
- Resende, M. D. V., & Duarte, J. B. (2007). Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 37, 182-194.
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., dos Anjos, L. H. C., de Oliveira, V. A., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., de Almeida, J. A., de Araújo Filho, J. C., de Oliveira, J. B., & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa.
- Silva, M. F., Lima, P. A. F., Novaes, E., Sette Júnior, C. R., & do Vale, A. T. (2022). Wood energy quality of *Eucalyptus* spp. clones established under different soil types in the Brazilian Cerrado. *Canadian Journal of Forest Research*, 52(5), 1-8. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2021-0234>.
- Vencovsky, R., & Barriga, P. (1992). *Genética biométrica no fitomelhoramento* (496 p.). Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

CAFR: conceituação, curadoria dos dados, escrita - primeira redação; AMS: conceituação, curadoria dos dados, análise formal, metodologia, escrita - revisão e edição; EM: obtenção de financiamento, investigação, metodologia, administração do projeto, ARP e TFA: obtenção de financiamento, metodologia, supervisão.