



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS MORRINHOS
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

Tulio Rabelo da Silva

Avaliação do desempenho de clones de *EUCALYPTUS* SPP. em sistema de Integração
Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no município de Morrinhos - Goiás

Morrinhos – GO

Fevereiro – 2026

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS MORRINHOS
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

Tulio Rabelo da Silva

Avaliação do desempenho de clones de *EUCALYPTUS* SPP. em sistema de Integração
Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no município de Morrinhos - Goiás

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos,
como requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Trogello.

Morrinhos – GO
Fevereiro – 2026

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

R114 Rabelo, Tulio
Avaliação do desempenho de clones de EUCALYPTUS spp. em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no município de Morrinhos - Goiás / Tulio Rabelo. Morrinhos 2026.
34f. il.
Orientador: Prof. Dr. Emerson Trogello.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0422021 - [MO.GRAD] Bacharelado em Agronomia - Morrinhos (Campus Morrinhos).
1. Cerrado. 2. Clones. 3. Silvicultura. 4. Melhoramento Florestal.
I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Tulio Rabelo da Silva

Matrícula:

2020104220210431

Título do trabalho:

Avaliação do desempenho de clones de EUCALYPTUS SPP. em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no município de Morrinhos - Goiás

RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 09 /04 /2026


O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.


Documento assinado digitalmente
 **TULIO RABELO DA SILVA**
Data: 09/04/2026 11:57:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Morrinhos - Goiás
Local

09 /04 /2026
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Documento assinado digitalmente
 **EMERSON TROGELLO**
Data: 09/04/2026 11:34:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 9/2026 - CCEG-MO/CEG-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 02 dias do mês de Março de 2026, às 13:15 horas, reuniu-se a banca examinadora composta por: Emerson Trogello (orientador), Enio Eduardo Basilio (membro) e Elliezer de Almeida Melo para examinar o Trabalho de Curso intitulado Avaliação do desempenho de clones de EUCALYPTUS SPP. em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no município de Morrinhos - Goiás do discente Tulio Rabelo da Silva do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano – Campus Morrinhos. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC. Em seguida houve arguição do discente pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do estudante com **NOTA 7,75**. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Emerson Trogello

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Enio Eduardo Basilio

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Elliezer de Almeida Melo

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Emerson Trogello, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 02/03/2026 14:19:49.
- **Enio Eduardo Basilio, TECNICO EM AGROPECUARIA**, em 02/03/2026 14:33:01.
- **Eliezer de Almeida Melo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 02/03/2026 14:43:56.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/03/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 794626

Código de Autenticação: e95dd4a386



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Morrinhos
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000
(64) 3413-7900

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que sempre me acompanha, tornando minha fé inabalável, agradeço por toda a proteção, discernimento e força concedida ao longo de toda a minha trajetória acadêmica. Aos meus guias espirituais, minha gratidão por iluminarem meus caminhos e me sustentarem nos momentos ruins e me capacitando para enfrentar todos os desafios.

À minha família, expresso minha eterna gratidão pelo amor, apoio incondicional, incentivo constante e compreensão durante toda a graduação. Vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Deixo um agradecimento à minha irmã Monara e minha mãe Helena Maria que sempre me apoiaram e sempre me motivaram independente da situação.

Aos meus amigos, agradeço pela amizade sincera, companheirismo e apoio nos momentos mais exigentes dessa caminhada. A presença de vocês tornou essa jornada mais leve e significativa, tornando cada obstáculo fácil de ser vencido.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, agradeço pela oportunidade de formação acadêmica e profissional, pela estrutura oferecida e pelo incentivo à pesquisa, ao ensino e à extensão.

Ao meu professor orientador Emerson Trogello, agradeço pela confiança, dedicação, paciência e as valiosas contribuições técnicas e científicas, que foram essenciais para a realização da conclusão deste trabalho.

Aos meus professores do curso da Agronomia, agradeço pelos conhecimentos transmitidos ao longo da graduação, do qual contribuíram de forma decisiva para minha formação acadêmica e profissional.

Sendo assim, obrigado a todos que de alguma forma contribuíram diretamente ou indiretamente para este sonho se realizar. Meus mais sinceros agradecimentos.

Sumário

RESUMO	9
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
4. CONCLUSÃO	30
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

Resumo

Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) representam uma alternativa sustentável para intensificação da produção agropecuária no Cerrado brasileiro. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho silvicultural e os parâmetros genéticos de clones de *Eucalyptus* spp. implantados em sistema ILPF no município de Morrinhos, Goiás. O teste clonal foi conduzido no Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, em delineamento de blocos completos casualizados, com 40 clones, sete repetições e cinco plantas por parcela. As avaliações foram realizadas aos cinco anos e dois meses (2023) e aos seis anos e três meses de idade (2024), considerando sobrevivência, circunferência à altura do peito, altura total e volume individual de madeira. As análises estatísticas foram realizadas por meio da metodologia REML/BLUP. A sobrevivência média foi de 96,97%, com elevados valores de produtividade e acurácia seletiva (0,93 a 0,96). Os resultados evidenciam elevada adaptação dos clones e viabilidade do cultivo de *Eucalyptus* spp. em sistemas ILPF no sul goiano.

Palavras-chave: Cerrado; Clones; Silvicultura; Melhoramento florestal.

Abstract

Integrated Crop–Livestock–Forest (ICLF) systems represent a sustainable alternative for intensifying agricultural production in the Brazilian Cerrado. This study aimed to evaluate the silvicultural performance and genetic parameters of *Eucalyptus* spp. clones established under an ICLF system in the municipality of Morrinhos, Goiás, Brazil. The clonal trial was conducted at the Federal Institute of Goiás – Morrinhos Campus, using a randomized complete block design with 40 clones, seven replications, and five plants per plot. Evaluations were carried out at five years and two months (2023) and six years and three months of age (2024), assessing survival rate, circumference at breast height, total height, and individual tree volume. Statistical analyses were performed using mixed models via the REML/BLUP methodology. Mean survival reached 96.97%, indicating good adaptation of the clones to local edaphoclimatic conditions. High productivity and very high selective accuracy estimates (0.93 to 0.96) were observed. The results demonstrate the technical feasibility and productive potential of *Eucalyptus* spp. cultivation in ICLF systems under conditions similar to those of southern Goiás.

Keywords: Cerrado; Clones; Silviculture; Forest improvement.

1. Introdução

Em função das crescentes demandas por sistemas produtivos mais eficientes, resilientes e ambientalmente sustentáveis, os sistemas de integração têm se consolidado como uma das principais estratégias para o futuro da agricultura brasileira. Esses sistemas se fundamentam na intensificação sustentável do uso do solo, promovendo a diversificação produtiva, a recuperação de áreas degradadas e a mitigação dos impactos ambientais associados à produção agropecuária convencional (Reis, 2023; Assad, 2019). Nesse cenário, os sistemas integrados de produção surgem como uma estratégia capaz de conciliar o aumento de produtividade, conservação ambiental e viabilidade econômica, por meio do uso racional e simultâneo dos componentes agrícola, pecuário e florestal em uma mesma área (Balbino, 2011; Embrapa, 2018).

No Brasil, a adoção dos sistemas de integração tem apresentado crescimento expressivo nas últimas décadas, impulsionada tanto pela demanda do mercado por produtos oriundos de sistemas sustentáveis quanto pelo avanço das pesquisas e políticas públicas voltadas à agropecuária de baixa emissão de carbono. Estima-se que os sistemas integrados ocupem atualmente dezenas de milhões de hectares, com destaque para as regiões do Cerrado, onde tais sistemas têm contribuído significativamente para o aumento da eficiência produtiva e da resiliência dos agroecossistemas (Embrapa, 2021; Mapa, 2021). Além disso, programas governamentais, como o Plano ABC+, têm estimulado a adoção dessas tecnologias ao oferecer incentivos econômicos e apoio técnico aos produtores rurais.

Levantamentos mais recentes demonstram que a adoção dos sistemas integrados de produção tem avançado de forma consistente no território brasileiro, consolidando-se como uma alternativa viável para a intensificação sustentável do uso do solo. Estimativas apontam que a área ocupada por sistemas de integração supera 18 milhões de hectares, com forte expansão observada a partir da década de 2010, especialmente nas regiões Centro-Oeste e Sudeste (Embrapa, 2021; Balbino, 2022). Esse crescimento está diretamente relacionado aos investimentos contínuos em pesquisa aplicada, à transferência de tecnologias geradas por instituições de ensino e pesquisa, bem como à validação prática desses sistemas em propriedades rurais comerciais. Soma-se a esse cenário o papel das políticas públicas voltadas à sustentabilidade da agropecuária, com destaque para os programas de agricultura de baixa emissão de carbono, que têm

contribuído para ampliar o acesso dos produtores a crédito rural, assistência técnica e incentivos à adoção de sistemas produtivos mais eficientes e resilientes (Mapa, 2021; Embrapa, 2022).

Entre as modalidades de sistemas integrados, a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) tem ganhado destaque por incorporar o componente arbóreo ao sistema produtivo, ampliando os benefícios ambientais e econômicos. A presença das árvores promove melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, intensifica a ciclagem de nutrientes, reduz processos erosivos e contribui para a regulação do microclima, favorecendo o conforto térmico animal e o desempenho produtivo das pastagens (Jose, 2019; Oliveira, 2022). Ademais, o componente florestal possibilita a diversificação da renda, reduz riscos produtivos e fortalece a sustentabilidade da propriedade rural a longo prazo.

No contexto do ILPF, o gênero *Eucalyptus* destaca-se como a principal opção florestal devido à sua elevada plasticidade fenotípica, rápido crescimento e ampla utilização industrial. O eucalipto representa a maior parte das florestas plantadas no Brasil, sendo amplamente empregado tanto em monocultivos quanto em sistemas integrados, atendendo às demandas por madeira, energia, carvão vegetal e produtos sólidos de base florestal (Iba, 2024; Santos, 2020). No estado de Goiás, essa espécie assume papel estratégico, sobretudo em função da crescente demanda por biomassa energética e da adaptação do gênero às condições climáticas predominantes do Cerrado.

Estudos recentes têm demonstrado que sistemas integrados de produção, especialmente a integração lavoura-pecuária-floresta, apresentam elevada capacidade de aumentar a eficiência do uso da terra e a resiliência produtiva frente às mudanças climáticas. A inserção do componente florestal contribui não apenas para a diversificação econômica da propriedade rural, mas também para a intensificação sustentável da produção, promovendo ganhos ambientais associados ao sequestro de carbono, melhoria da qualidade do solo e maior estabilidade produtiva dos sistemas agropecuários (Jose, 2019; Embrapa, 2021)

Apesar da ampla adoção do eucalipto, a escolha inadequada de materiais genéticos pode comprometer o desempenho silvicultural e a eficiência dos sistemas integrados. Estudos têm demonstrado que o comportamento produtivo dos clones de *Eucalyptus spp.* varia significativamente em função das condições edafoclimáticas e do arranjo espacial adotado nos sistemas de ILPF, reforçando a necessidade de avaliações regionais

específicas (Rocha, 2019; Ferreira, 2021). No cerrado goiano, ainda são limitadas as informações científicas que subsidiem a seleção de clones mais adaptados às condições locais, especialmente quando cultivados em associação com atividades agrícolas e pecuárias.

O avanço da silvicultura clonal foi determinante para o aumento da produtividade das florestas plantadas brasileiras, sendo amplamente baseado na utilização de híbridos interespecíficos de *Eucalyptus*, especialmente aqueles envolvendo *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus camaldulensis*. Esses materiais apresentam elevada plasticidade fenotípica e maior tolerância a estresses hídricos e térmicos, características essenciais para o cultivo em regiões tropicais e subtropicais, como o bioma Cerrado (Gonçalves, 2013; Ryan, 2024).

Diante desse contexto, torna-se imprescindível a realização de estudos que avaliem o desempenho de clones intra e interespecíficos de *Eucalyptus* spp. em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, considerando as particularidades ambientais da região.

Considerando a importância da seleção de materiais genéticos adaptados às condições edafoclimáticas regionais e o potencial dos sistemas ILPF para intensificação sustentável da produção florestal, torna-se fundamental avaliar o comportamento produtivo e genético de clones de *Eucalyptus* spp. sob condições reais de cultivo no Cerrado goiano.

Resultados obtidos em diferentes regiões brasileiras indicam que o desempenho produtivo de clones de *Eucalyptus* pode variar significativamente entre ambientes, evidenciando forte interação genótipo \times ambiente e reforçando a necessidade de avaliações regionais para identificação de materiais genéticos superiores. Estudos conduzidos no Centro-Oeste brasileiro demonstram que a seleção baseada em parâmetros genéticos e valores genotípicos preditos constitui ferramenta essencial para aumentar a eficiência dos programas de melhoramento florestal e reduzir riscos associados à recomendação de clones inadequados às condições locais (Silva, 2022 et al., Jordan, 2025).

Sendo assim o objetivo deste trabalho foi, avaliar o desempenho produtivo e a variabilidade genética de clones de *Eucalyptus* spp. estabelecidos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no município de Morrinhos, Goiás, por meio da estimação de parâmetros genéticos e da predição de valores genotípicos utilizando a

metodologia REML/BLUP, visando à seleção de clones superiores quanto ao volume individual de madeira, à estabilidade de desempenho entre idades e ao potencial de ganho genético para as condições edafoclimáticas do Cerrado goiano.

2. Materiais e métodos

O experimento consistiu na avaliação clonal de *Eucalyptus* spp. conduzidas sob sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), implantado na área experimental do Instituto Federal Goiano (IF Goiano) - Campus Morrinhos, situado no município de Morrinhos, estado de Goiás, Brasil. A área localiza-se nas proximidades da Rodovia BR-153, integrando a Microrregião Meia Ponte e a Mesorregião Sul Goiano.

2.1 Caracterização da área experimental

A área experimental apresenta coordenadas geográficas aproximadas de 17°48'50" de latitude Sul e 49°12'23" de longitude Oeste, com altitude média de 900 m.

Figura 1 – Localização da área experimental



De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Aw, caracterizado como tropical sazonal, com estação seca bem definida no período de inverno. A temperatura média anual é de aproximadamente 23,3 °C, enquanto a precipitação pluviométrica média anual situa-se em torno de 1.346 mm, concentrada predominantemente nos meses de primavera e verão, padrão típico das regiões de Cerrado brasileiro.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, caracterizando-se por

elevada profundidade efetiva, estrutura granular bem desenvolvida, boa drenagem natural e baixos teores de saturação por bases. Esses solos são tipicamente altamente intemperizados, com predominância de óxidos de ferro e alumínio, baixa fertilidade natural e elevada estabilidade estrutural, sendo amplamente distribuídos na região Centro-Oeste do Brasil, especialmente sob condições de clima tropical sazonal, como as observadas no bioma Cerrado (Santos, 2018).

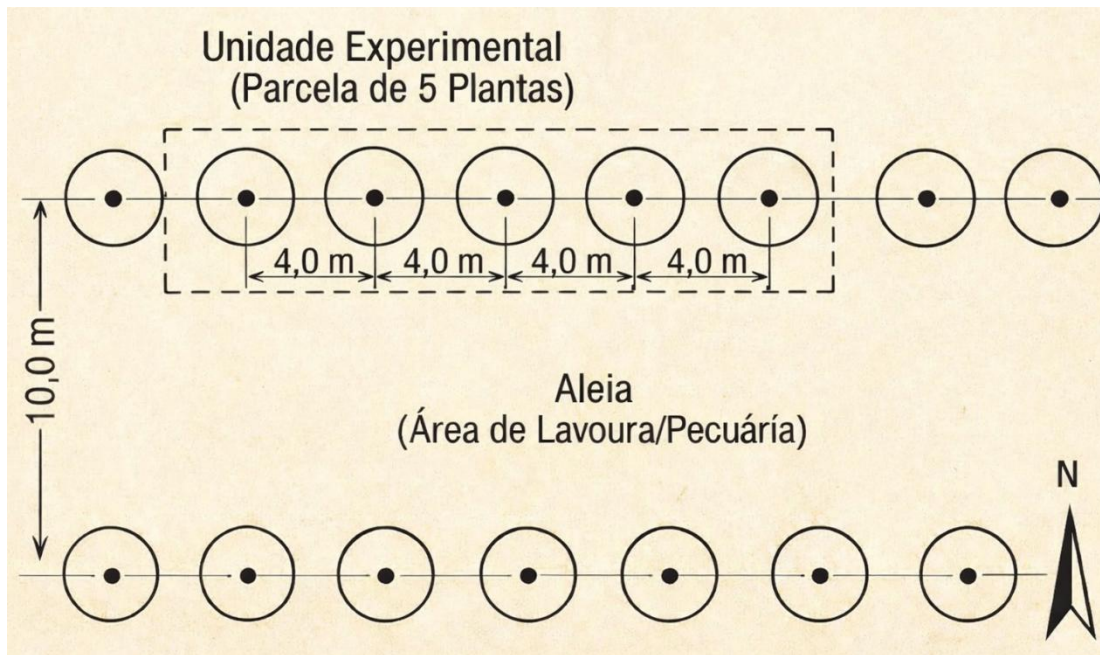
2.2 Implantação do experimento e condução do componente arbóreo

Os materiais genéticos avaliados consistiram em clones intra e interespecíficos de *Eucalyptus spp.*, previamente selecionados em programas de melhoramento florestal, com ênfase na adaptação a ambientes sujeitos a condições de déficit hídrico, avaliados em diferentes regiões do território brasileiro. Os genitores dos clones pertencem às espécies *Eucalyptus camaldulensis* (11 clones), *Eucalyptus globulus* (1 clone), *Eucalyptus grandis* (8 clones) e *Eucalyptus urophylla* (36 clones), totalizando materiais com ampla variabilidade genética e potencial de adaptação a distintas condições edafoclimáticas.

As mudas clonais de *Eucalyptus spp.* foram implantadas em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), adotando-se arranjo espacial em renques de linhas simples (uma única aleia), com espaçamento de 4,0 m entre plantas no renque e 10,0 m entre renques. O experimento foi conduzido segundo o delineamento em blocos completos casualizados, composto por 40 tratamentos (clones), sete repetições e parcelas constituídas por cinco plantas, totalizando ampla representatividade amostral para a avaliação do desempenho silvicultural dos materiais genéticos.

O plantio das mudas foi realizado nos dias 24 e 25 de janeiro de 2018, período caracterizado por condições favoráveis de umidade do solo na região, conforme recomendação técnica para o estabelecimento de povoamentos florestais no bioma Cerrado. Para a implantação do componente arbóreo, realizou-se o preparo localizado do solo por meio de motocoveamento, seguido de adubação de plantio realizada por cova, utilizando-se 150 g do fertilizante formulado NPK 11-52-00 e 50 g do formulado NPK 00-00-60, visando ao adequado suprimento inicial de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das mudas.

Figura 2 - Representação esquemática do arranjo espacial do sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) utilizado no experimento.



A adubação com micronutrientes foi realizada por meio da aplicação de ácido bórico, na dose de 10 g por planta aos 45 dias após o plantio. Posteriormente, ao completar um ano de idade, foi realizada nova aplicação de ácido bórico, na dose de 20 g por árvore, procedimento que se repetiu até os dois anos após o plantio das mudas, com o objetivo de prevenir deficiências de boro, nutriente frequentemente limitante em solos altamente intemperizados do Cerrado. As operações de desrama foram conduzidas periodicamente a cada seis meses, respeitando-se a retirada máxima de até um terço da porção inferior da copa viva, prática adotada com o intuito de melhorar a forma do fuste e a qualidade da madeira. As desramas foram mantidas até que as árvores atingissem aproximadamente 18 m de altura, o que ocorreu aos dois anos e três meses de idade. O monitoramento e o controle de formigas cortadeiras, bem como o manejo de plantas daninhas, foram realizados de forma contínua desde o período anterior ao plantio, seguindo os procedimentos técnicos usualmente recomendados para plantios comerciais de eucalipto.

2.3 Implantação e condução dos componentes agrícola e forrageiro

No início da estação chuvosa do segundo semestre de 2018, procedeu-se à implantação do componente agrícola do sistema ILPF, com a semeadura do milho (*Zea*

mays L.) cultivar 30F35VYHR, realizada nas entrelinhas dos renques. A referida cultivar apresenta eventos transgênicos que conferem resistência à lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e tolerância ao herbicida glifosato, características que favorecem o manejo fitossanitário e a condução do cultivo em sistemas integrados.

A semeadura do milho foi realizada de modo a se obter uma população final estimada de 60.000 plantas por hectare, densidade compatível com sistemas de produção consorciados e com a disponibilidade de luz incidente entre os renques. Concomitantemente, foi implantado o componente forrageiro, composto por *Panicum maximum* Jacq. cv. BRS *Zuri*, semeado a lanço, utilizando-se a quantidade de 9,37 kg ha⁻¹ de sementes, com o objetivo de promover uma rápida cobertura do solo e formação da pastagem subsequente.

A colheita do milho consorciado à forrageira foi realizada para fins de ensilagem, ocorrendo na primeira quinzena de março de 2019, utilizando-se colhedora automotriz equipada com plataforma de corte de 6,0 m de largura. A área total cultivada com os componentes agrícola e forrageiro foi de 5,6 ha, resultando em uma produção total de 41,42 toneladas de matéria verde.

Em março de 2019, procedeu-se à implantação da segunda safra do componente agrícola no sistema ILPF, com o cultivo do girassol (*Helianthus annuus* L.) cultivar Sany 66, conduzido em consórcio com o componente forrageiro composto por *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*) cv. BRS *Piatã*. A semeadura do girassol foi realizada visando uma população aproximada de 50.000 plantas por hectare, densidade recomendada para sistemas consorciados e adequada às condições de luminosidade entre os renques florestais.

O componente forrageiro foi implantado simultaneamente ao cultivo do girassol, utilizando-se densidade de semeadura de 8 kg ha⁻¹ de sementes, com o objetivo de assegurar rápida formação da pastagem e cobertura do solo após a colheita do componente agrícola. Após a realização da colheita do girassol para fins de ensilagem, o componente forrageiro permaneceu estabelecido na área, sendo mantido até o presente momento, desempenhando papel fundamental na estabilidade produtiva e funcional do sistema de integração.

2.4 Inserção do componente animal

A inserção do componente animal, representado por bovinos leiteiros, ocorreu somente no ano de 2020, em função de limitações logísticas que inviabilizaram a entrada dos animais ao final de 2019, apesar de o componente forrageiro já apresentar condições adequadas para o pastejo.

Em março de 2020, foi realizada a roçagem da área com o objetivo de promover a uniformização da pastagem e a adequação do rebrote da forrageira, de modo a proporcionar condições estruturais favoráveis à entrada dos animais na sequência. Essa prática visou assegurar maior homogeneidade do dossel forrageiro, melhor aproveitamento da pastagem e redução de possíveis efeitos de seletividade durante o pastejo inicial.

2.5 Características Estruturais e Dendrométricas (Métricas da Árvore)

As avaliações silviculturais foram realizadas em duas ocasiões distintas, correspondentes aos meses de março de 2023, quando o povoamento apresentava cinco anos e dois meses de idade, e abril de 2024, aos seis anos e três meses de idade.

Em ambas as avaliações, foram mensurados os seguintes caracteres dendrométricos: sobrevivência das árvores, circunferência à altura do peito (CAP, em cm), obtida por meio de fita métrica, e altura total das árvores (m), determinada com o auxílio de hipsômetro eletrônico Vertex IV

A partir das medições de CAP, os valores de diâmetro à altura do peito (DAP) foram obtidos pela conversão matemática, considerando a relação conforme metodologia amplamente empregada em estudos florestais:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}.$$

A sobrevivência foi expressa em porcentagem, considerando o número de indivíduos vivos em relação ao total de plantas inicialmente estabelecidas por parcela. O diâmetro à altura do peito (DAP, em cm) foi obtido a partir da circunferência à altura do peito (CAP), mensurada a 1,30 m do solo, utilizando a relação geométrica entre circunferência e diâmetro de um círculo, conforme a expressão $DAP = CAP/\pi$, em que π corresponde ao valor aproximado de 3,1416. Essa metodologia é amplamente empregada em inventários florestais por permitir maior praticidade e precisão nas medições de

campo, uma vez que a aferição da circunferência é operacionalmente mais eficiente do que a medição direta do diâmetro.

A estimativa do volume individual de madeira com casca foi realizada por meio da equação do volume do cilindro, incorporando um fator de forma igual a 0,46 (Oliveira et al., 2020b). O valor recomendado para povoamentos de *Eucalyptus spp.* em condições similares de idade e manejo. Essa abordagem tem sido amplamente utilizada em avaliações volumétricas quando não se dispõe de equações volumétricas específicas ajustadas para o material genético e a região de estudo.

O volume individual de madeira com casca por árvore foi estimado por meio da seguinte expressão:

$$V_{ind} = \frac{DAP^2 \times H_t}{40.000} \times \pi \times ff$$

Em que

V_{ind} : é o volume individual estimado por árvore (m³);

DAP: é o diâmetro à altura do peito (cm);

H_t é a altura total média das árvores em cada tratamento (m);

π : é a constante matemática (3,1416);

ff : é o fator de forma, adotado como 0,46.

A constante 40.000 é utilizada para a conversão das unidades de área do diâmetro, uma vez que o DAP é medido em centímetros, enquanto o volume é expresso em metros cúbicos. Essa equação baseia-se no cálculo do volume de um sólido cilíndrico corrigido pelo fator de forma, sendo amplamente empregada em estudos florestais quando não há equações volumétricas específicas ajustadas para o material genético e as condições locais.

De forma qualitativa, foram avaliados os seguintes caracteres silviculturais: forma do fuste, presença ou ausência de doenças de origem biótica e abiótica, ocorrência de bifurcações e incidência de quebras no tronco. Essas avaliações tiveram caráter descritivo e auxiliaram na interpretação do desempenho geral dos clones sob o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.

2.6 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o procedimento de modelos mistos, por meio da metodologia da Máxima Verossimilhança Restrita e Melhor Predição

Linear Não Viesada (Restricted Maximum Likelihood / Best Linear Unbiased Prediction – REML/BLUP), com auxílio do software Selegen – REML/BLUP.

Para as análises individuais em cada idade de avaliação, adotou-se o Modelo 2, descrito pela seguinte expressão:

$$\mathbf{Xr}: \mathbf{y} = \mathbf{Xr} + \mathbf{Zg} + \mathbf{Wp} + \mathbf{e}$$

em que:

\mathbf{y} : é o vetor de dados fenotípicos;

\mathbf{Xr} : é o vetor dos efeitos fixos de repetição somados à média geral;

\mathbf{Zg} : é o vetor dos efeitos aleatórios genotípicos;

\mathbf{Wp} : é o vetor dos efeitos aleatórios de parcela;

\mathbf{e} : é o vetor dos efeitos aleatórios de erro ou resíduos.

A análise conjunta das avaliações realizadas nos anos de 2023 e 2024 foi conduzida por meio do Modelo 3:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xr} + \mathbf{Zg} + \mathbf{Wp} + \mathbf{Ti} + \mathbf{e}$$

Em que, adicionalmente:

\mathbf{Ti} : representa o vetor dos efeitos aleatórios da interação genótipos \times idades. As letras X , Z , W e T , correspondem às matrizes de incidência associadas aos respectivos efeitos do modelo.

A significância dos efeitos aleatórios foi avaliada por meio do teste da razão da verossimilhança (Likelihood Ratio Test – LRT), com base nas análises de deviância. A partir dos modelos ajustados, foram estimados os parâmetros genéticos, as acurácias seletivas e os valores genotípicos dos clones, os quais foram preditos via BLUP, tanto para cada idade quanto na análise conjunta.

O desdobramento da interação clones \times idades foi realizado com base em modelos mistos, considerando os genótipos como efeitos aleatórios e as idades como efeitos fixos, conforme proposto por Vencovsky e Barriga (1992), por meio da seguinte expressão:

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

Em que:

$v_{G \times I}^2$: a variância da interação genótipos \times idades;

v_{G1} : é o desvio padrão dos valores genotípicos na primeira idade de avaliação (2023);

v_{G2} : é o desvio padrão dos valores genotípicos na segunda idade de avaliação (2024);

r_{G12} : é a correlação genotípica entre os desempenhos dos clones nas duas idades.

A primeira parcela da equação representa a parte simples da interação, associada às diferenças de variabilidade genética entre as idades, enquanto a segunda parcela corresponde à parte complexa da interação, relacionada à mudança na ordem de desempenho dos genótipos ao longo do tempo.

3. Resultados e discussões

A taxa de sobrevivência das árvores dos 40 clones avaliados foi de 96,97% aos cinco anos e dois meses de idade, indicando elevada adaptação geral dos materiais genéticos às condições edafoclimáticas do município de Morrinhos, Goiás, e ao sistema de integração lavoura-pecuária-floresta adotado.

As médias de volume individual de madeira com casca foram de 0,6721 m³ na avaliação realizada aos cinco anos e dois meses de idade (2023) e de 0,9719 m³ aos seis anos e três meses de idade (2024), evidenciando incremento volumétrico expressivo entre os dois períodos de avaliação.

De modo geral, a maioria das árvores apresentou adequado padrão silvicultural, caracterizado por boa forma de fuste, ausência de doenças e de insetos-praga em níveis de dano econômico, inexistência de fustes elípticos - frequentemente observados em plantios de eucalipto sob sistemas ILPF, bem como ausência de bifurcações, seca de ponteiros e quebras ocasionadas pela ação do vento ou por descargas atmosféricas.

O desempenho das árvores do clone AS 062, híbrido de *Eucalyptus urophylla*, mostrou-se inferior em relação aos demais materiais avaliados, com comprometimento de sua adaptação ao local de plantio em decorrência da ocorrência de distúrbios fisiológicos, manifestados pela presença de gomose, também conhecida como “pau-preto”.

As estimativas do grau de proximidade de medição para o caráter volume individual de madeira variaram de 0,93 a 0,96, tanto nas análises individuais por idade quanto na análise conjunta (Tabela 1), indicando elevada precisão experimental e confiabilidade na predição dos valores genotípicos dos clones. Nas análises de deviance, foram observados efeitos significativos de clones e de parcelas pelo teste da razão da verossimilhança (LRT), ao nível de 1% de probabilidade, bem como efeito significativo da interação clones × idades, também a 1% de probabilidade.

Tabela 1 - ¹ Teste da razão da verossimilhança (LRT), assumindo distribuição qui-quadrado com 1 grau de liberdade.

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	

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de qui-quadrado.

⁺ Deviancia do modelo ajustado na ausência dos respectivos efeitos.

Em geral, observou-se aumento nas estimativas dos parâmetros genéticos com o avanço da idade das árvores, à exceção do coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (Tabela 2). Verificou-se que parcela expressiva da variância fenotípica foi atribuída à variância residual, o que resultou em menores estimativas de herdabilidade individual no sentido amplo. Ainda assim, todas as estimativas de herdabilidade individual diferiram de zero, conforme indicado por seus respectivos intervalos de confiança.

Por outro lado, as estimativas de herdabilidade na média de clones apresentaram valores substancialmente superiores aos da herdabilidade individual no sentido amplo, comportamento já esperado em experimentos clonais, em função da redução da variância

residual promovida pela utilização de médias e do maior controle ambiental proporcionado pelo delineamento experimental.

Tabela 2 - 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, no município de Morrinhos, Goiás.

Componentes de variância	Estimativas		
	Avaliação	Avaliação	Conjunta
	2023	2024	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
Coefficiente de determinação dos efeitos de parcelas	0,1119	0,0930	0,1613
Coefficiente de determinação dos efeitos da interação clones x idades	-	-	0,0418
Herdabilidade na média de clones	0,9161	0,9277	0,8749
Coefficiente de variação genotípico (%)	14,4534	17,0034	14,9872
Coefficiente de variação ambiental (%)	11,5735	12,5615	14,6183
Coefficiente de variação relativa	1,2488	1,3536	1,0252
Média fenotípica (m ³)	0,672	0,971	0,837

Os componentes de variância estimados nas análises individuais por idade encontram-se inflacionados pela incorporação dos efeitos da interação clones × idades. Esse comportamento torna-se evidente ao se comparar as estimativas dos componentes de variância obtidas na avaliação de 2024 com aquelas provenientes da análise conjunta das idades, na qual a variância da interação é explicitamente considerada no modelo, resultando em estimativas mais realistas dos componentes genéticos e ambientais.

Com a finalidade de comparar o desempenho dos clones entre as idades avaliadas e verificar a estabilidade da seleção ao longo do tempo, apresenta-se o gráfico 1, no qual é ilustrado o ranqueamento dos genótipos com base nos valores genotípicos preditos (BLUPs) obtidos nas avaliações realizadas aos cinco anos e dois meses (2023) e aos seis anos e três meses de idade (2024). A representação gráfica permite identificar a manutenção ou alteração da posição dos clones entre as avaliações, evidenciando a consistência do processo seletivo e a estabilidade do desempenho produtivo dos materiais genéticos.

Gráfico 1 - ranqueamento dos clones, com base nos valores genotípicos, aos cinco anos e dois meses (BLUPs 2023) e aos seis anos e três meses de idade (BLUPs 2024). Os dez melhores clones, em ordem decrescente, quanto ao caráter volume de madeira.

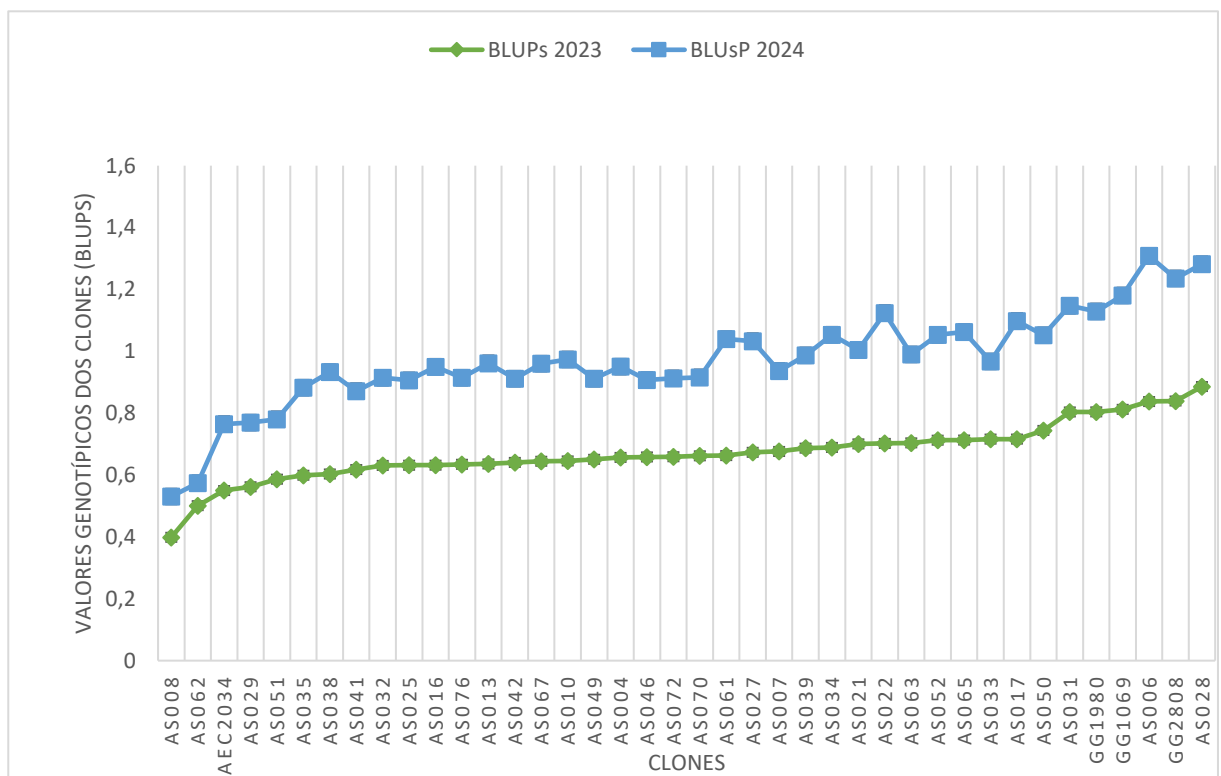


Tabela 3 - Classificação dos clones com base nos valores genotípicos preditos ($\mu + g$) para a característica circunferência à altura do peito (CAP, cm) em clones de Eucalyptus e Corymbia, avaliados aos dois anos de idade, em teste clonal conduzido no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, Goiás.

Ranking	Clone	Código do clone no Selegen	Valores genotípicos (m+g)
1	GG 1980	39	43,69
2	AS 028	14	43,28
3	AS 063	32	43,17
4	AS 031	16	42,91
5	AS 046	25	42,59
6	GG 2808	40	42,47
7	AS 025	12	42,38
8	AS 027	13	41,82
9	AS 007	4	41,65
10	AS 067	34	41,51
11	AS 021	10	41,50
12	AS 006	3	41,12
13	AS 004	2	40,87
14	AS 039	22	40,73
15	AS 041	23	40,72
16	AS 022	11	40,63
17	AS 061	30	40,57
18	AEC 2034	1	40,55
19	AS 010	6	40,49
20	AS 038	21	40,14
21	AS 033	18	40,12
22	AS 050	27	39,98
23	AS 052	29	39,90
24	AS 017	9	39,89
25	AS 070	35	39,85
26	AS 034	19	39,80
27	GG 1069	38	39,66
28	AS 016	8	39,63
29	AS 076	37	39,60
30	AS 065	33	39,56
31	AS 013	7	39,45
32	AS 035	20	39,23
33	AS 072	36	38,75
34	AS 032	17	38,63
35	AS 051	28	38,51
36	AS 049	26	38,32
37	AS 042	24	37,77
38	AS 029	15	36,77
39	AS 062	31	36,05
40	AS 008	5	35,10

Embora os efeitos da interação clones × idades tenham sido significativos, observou-se que a contribuição da parte simples da interação (52,80%) foi semelhante à da parte complexa (47,20%). A proporção da variância da interação clones × idades em relação à variância genotípica total foi de baixa magnitude (15,28%) (Tabela 2), indicando influência limitada da interação sobre a expressão do caráter avaliado. Ademais, a correlação genética entre os desempenhos dos clones nas duas idades de avaliação foi elevada ($r = 0,87$), evidenciando relativa estabilidade da classificação genotípica ao longo do tempo.

Entretanto, em função da ocorrência de pequenas alterações na ordem de classificação dos dez melhores clones entre as idades avaliadas, optou-se por conduzir o processo de seleção com base na avaliação realizada em 2024. Considerando a idade de seis anos e três meses, a produção média individual dos dez clones superiores, correspondentes ao quartil superior dos materiais avaliados, foi de 1,1621 m³ (Tabela 4). Esse desempenho representou um ganho de seleção de 19,56% em relação à média da população original.

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, em Morrinhos, GO

Ranqueamento	Nomenclatura do clone	V g (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

V g: Valores genotípicos

A taxa de mortalidade observada no teste clonal foi extremamente baixa, com apenas 42 indivíduos mortos entre os 1.400 avaliados, ocorrendo majoritariamente na fase juvenil. Esse resultado indica elevada adaptação dos clones às condições edafoclimáticas do sítio experimental, o que pode ser atribuído tanto à eficiência dos procedimentos técnico-operacionais adotados na implantação e condução do sistema de integração

lavoura-pecuária-floresta (ILPF), quanto à base genética dos materiais avaliados. Estudos anteriores demonstram que práticas adequadas de preparo do solo, implantação e manejo em sistemas integrados favorecem o estabelecimento e a sobrevivência de espécies florestais (Balbino, 2011; Alvarenga, 2015).

A predominância de clones constituídos por *Eucalyptus urophylla* e híbridos envolvendo *E. urophylla* × *E. camaldulensis* também contribui para explicar o bom desempenho observado, uma vez que essas espécies apresentam ampla plasticidade fenotípica e tolerância a condições de estresse hídrico e térmico típicas do Cerrado brasileiro (Gonçalves et al., 2013; Stape et al., 2014; Campoe et al., 2016). Ressalta-se ainda que a mortalidade não esteve associada a genótipos específicos, ocorrendo de forma aleatória entre os clones avaliados.

As estimativas de acurácia obtidas em ambas as idades de avaliação foram classificadas como muito altas, evidenciando elevada precisão experimental. A acurácia constitui um parâmetro essencial em experimentos de melhoramento florestal, pois reflete a confiabilidade das estimativas dos valores genotípicos, ao integrar informações relativas à variância residual, ao número de repetições e ao controle genético do caráter avaliado (Resende, 2002; Pires, 2011). Valores elevados desse parâmetro conferem maior segurança no ranqueamento dos genótipos e aumentam a eficiência do processo seletivo.

Outro indicador que reforça a viabilidade da seleção é o coeficiente de variação relativa, cujo valor superior a 1 indica condições favoráveis à obtenção de ganhos genéticos (Vencovsky; Barriga, 1992; Cruz et al., 2014). No presente estudo, esse critério foi atendido em ambas as idades avaliadas, corroborando a consistência dos resultados obtidos.

Os elevados valores de volume individual de madeira observados nos dois anos de avaliação podem estar associados, em parte, ao espaçamento mais amplo adotado no sistema ILPF (40 m² por planta), quando comparado aos espaçamentos tradicionalmente utilizados em monocultivos comerciais de eucalipto no Brasil. Espaçamentos mais amplos reduzem a competição intraespecífica e proporcionam maior disponibilidade de recursos essenciais ao crescimento vegetal, como água, luz e nutrientes (Bernardo et al., 1998; Leite et al., 2011). Além disso, é possível que as árvores tenham se beneficiado indiretamente das adubações realizadas nos componentes agrícolas e forrageiros do sistema integrado, conforme observado por (Oliveira, 2018; Santos, 2020). Considerando

que o volume de madeira é um caráter quantitativo de herança poligênica, sua expressão é fortemente influenciada pela interação entre fatores genéticos e ambientais.

Os efeitos significativos de clones identificados nas análises de deviance indicam a existência de variabilidade genética entre os genótipos avaliados, condição essencial para o sucesso de programas de melhoramento florestal (Borém; Miranda, 2013; Grattapaglia et al, 2018). Dada a diversidade genética e as diferentes composições híbridas dos clones, a ampla variação de desempenho observada era esperada. Entretanto, a elevada adaptação dos materiais ao ambiente experimental resultou na identificação de diversos clones com alta produtividade, ampliando o número de candidatos potenciais à seleção.

As estimativas de herdabilidade indicaram controle genético de magnitude moderada a alta para o caráter volume individual de madeira, evidenciando elevado potencial de resposta à seleção. De acordo com Falconer e Mackay (1996) e Bernardo (2020), caracteres com herdabilidade mais elevada tendem a apresentar maiores ganhos genéticos quando submetidos à seleção, especialmente quando associada a elevados níveis de acurácia experimental. Ressalta-se ainda que as idades de avaliação adotadas neste estudo coincidem com aquelas comumente utilizadas para a colheita de eucalipto destinado à produção de energia, principal uso da madeira em diversas regiões do Brasil, incluindo o estado de Goiás (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2023).

Embora a interação clones \times idades tenha apresentado efeito significativo, observou-se contribuição semelhante das partes simples e complexa da interação, além de elevada correlação genética entre o desempenho dos clones nas duas idades avaliadas. Resultados semelhantes foram relatados por Rocha et al. (2006) e Nunes et al. (2017), que destacam que altas correlações genéticas entre idades indicam estabilidade no desempenho dos genótipos ao longo do tempo. As alterações no ranqueamento dos dez melhores clones entre as avaliações de 2023 e 2024 foram de pequena magnitude, permitindo a recomendação dos clones superiores para áreas com condições ambientais semelhantes às do sítio experimental de Morrinhos.

4. Conclusão

O estudo demonstrou que os clones, AS 006, AS 028, GG 2808, GG 1069, AS 031, GG 1980, AS 022, AS 017, AS 065, AS 034 de *Eucalyptus* spp. avaliados apresentaram elevada sobrevivência, bom desempenho silvicultural e adequada adaptação às condições edafoclimáticas do Cerrado goiano em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). As análises genéticas evidenciaram variabilidade significativa entre os clones para o caráter volume individual de madeira, com estimativas de herdabilidade de magnitude moderada a alta e acurácia seletiva classificada como muito elevada, indicando elevada precisão experimental e grande potencial de ganhos com a seleção.

Embora a interação clones × idades tenham sido significativa, a alta correlação genética entre as idades avaliadas e a contribuição semelhante das partes simples e complexa da interação indicam estabilidade no desempenho dos clones ao longo do tempo. A seleção conduzida aos seis anos e três meses de idade permitiu identificar clones superiores, proporcionando ganhos expressivos em relação à média da população original.

Dessa forma, os 10 clones selecionados apresentaram um elevado potencial para recomendação em áreas com condições ambientais semelhantes às do município de Morrinhos, Goiás, contribuindo para o aumento da produtividade florestal e para a consolidação de sistemas ILPF mais eficientes e sustentáveis.

5. Referências bibliográficas

ALVARENGA, R. C. *et al.* Sistema integração lavoura-pecuária-floresta: bases tecnológicas e sustentabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1147–1157, 2015.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; MARTINS, S. C.; GROppo, J. D.; SALGADO, P. R.; EVANGELISTA, B.; VASCONCELLOS, E.; SANO, E. E. Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: avanços e desafios frente às mudanças climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, e01202, 2019.

BALBINO, L. C.; BERNARDI, A. C. C.; OLIVEIRA, P. P. A.; CORDEIRO, L. A. M. Avanços e perspectivas dos sistemas de integração no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 1–14, 2022.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P. R.; VILELA, L. **Integração lavoura-pecuária-floresta: estratégia de produção sustentável**. Brasília: Embrapa, 2011.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 3. ed. Woodbury: Stemma Press, 2020.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. Viçosa: UFV, 2013.

CAMPOE, O. C. *et al.* Production ecology of *Eucalyptus* across a range of climates. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 380, p. 106–118, 2016.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2014.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)**. Brasília: Embrapa, 2018.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Avanços e desafios dos sistemas integrados no Cerrado brasileiro**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2021.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Integração lavoura-pecuária-floresta: panorama e tendências no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2021.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas integrados de produção agropecuária e mitigação das mudanças climáticas**. Brasília: Embrapa, 2022.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. London: Longman, 1996.

FERREIRA, D. H. A. A.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G.; GARCIA, S. L. R. Crescimento e produtividade de clones de eucalipto em sistemas integrados de produção. **Floresta**, Curitiba, v. 51, n. 4, p. 987–996, 2021.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* Eucalypt plantation management in Brazil. **Southern Forests**, Grahamstown, v. 75, n. 1, p. 1–19, 2013.

GRATTAPAGLIA, D. *et al.* Breeding *Eucalyptus* for productivity and resilience. **Tree Genetics & Genomes**, v. 14, p. 1–15, 2018.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2023**. São Paulo: IBÁ, 2023.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2024**. São Paulo: IBÁ, 2024.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits. **Agroforestry Systems**, 2019.

JOSE, S.; GORDON, A. M.; MOSER, A. Agroforestry systems and ecosystem services. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 93, p. 1–15, 2019.

JORDAN, G. J. et al. **Landscape-driven adaptation among *Eucalyptus* species**. *Evolution*, 2025.

LEITE, F. P. *et al.* Crescimento e produtividade do eucalipto em diferentes espaçamentos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 593–603, 2011.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Plano ABC+ – Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (2020–2030)**. Brasília: MAPA, 2021.

NUNES, G. H. S. *et al.* Interação genótipo × ambiente em espécies florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 114, p. 241–252, 2017.

OLIVEIRA, E. B.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; ACERBI JÚNIOR, F. W. **Mensuração florestal aplicada ao manejo de plantações de eucalipto**. Lavras: UFLA, 2020b.

OLIVEIRA, P. P. A.; BERNARDI, A. C. C.; BOSI, C.; PEZZOPANE, J. R. M. ILPF e sustentabilidade da produção agropecuária. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 1–12, 2022.

REIS, G. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; LEITE, H. G.; CUNHA, G. M. Sistemas de integração como estratégia para a intensificação sustentável da agropecuária brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 70, n. 1, p. 1–10, 2023.

RYAN, M. G. ET AL. Productivity and wood traits of *eucalyptus* under water deficit conditions. **Industrial Crops and Products**, 2024.

ROCHA, M. F. V.; SANTOS, A. P. A.; LEITE, H. G. Desempenho de clones de eucalipto em diferentes ambientes do Cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 43, n. 5, e430503, 2019.

ROCHA, M. G. B. *et al.* Estabilidade fenotípica em clones de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 383–392, 2006.

SANTOS, F. A.; CARVALHO, A. M.; OLIVEIRA, G. M. V. **Eucalipto no Brasil: bases técnicas e aplicações**. Viçosa: UFV, 2020.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SILVA, P. H. M. *et al.* **Selection of *Eucalyptus* clones for Brazilian regions**. *Congresso Florestal Brasileiro*, 2022.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.